

بيل برايسون

موجز تاريخ كل شيء تقريباً



نقله إلى العربية

أسامة محمد إسبر

العبيكان
Obeikan

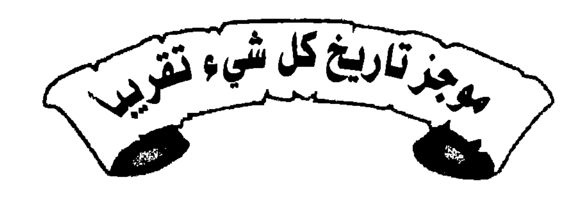
بيل برايسون

موجز تاريخ كل شيء تقريباً

نقله إلى العربية

أسامة محمد إسبر




موجز تاريخ كل شيء تقريبا

Original Title
A SHORT HISTORY OF NEARLY EVERYTHING

Author:
BILL BRYSON

ISBN-10: 0 - 552 - 99704 - 8
ISBN-13: 9780552997041

Originally Published in Great Britain by Doubleday, a division of Transworld Publishers Black Swan Books are published by Transworld Publishers
6163- Uxbridge Road, London W5 5SA, (U.K.)
A division of the Random House Group Ltd.

ⓒ مكتبة العبيكان، 1433هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
برايسون؛ بيل
موجز تاريخ كل شيء تقريباً./ بيل برايسون؛ أسامة أسبر.- الرياض 1433 هـ
592 ص؛ 16.5× 24 سم
ردمك: 3 - 305 - 503 - 603 - 978
1 - الكون أ. أسامة (مترجم) ب. العنوان
ديوي: 523,1 رقم الإيداع: 4946 / 1433

الطبعة العربية الأولى 1435هـ - 2014م

الناشر العبيكان Obeikan للنشر
المملكة العربية السعودية - الرياض - المحمدية - طريق الأمير تركي بن عبدالعزيز الأول
هاتف: 4808654 فاكس: 4808095 ص.ب: 67622 الرياض 11517

موقعنا على الإنترنت
www.obeikanpublishing.com
متجر العبيكان Obeikan على أبل
http://itunes.apple.com/sa/app/obeikan-store

امتياز التوزيع شركة مكتبة العبيكان Obeikan
المملكة العربية السعودية - العليا - تقاطع طريق الملك فهد مع شارع العروبة
هاتف: 4160018 /4654424 - فاكس: 4650129 ص. ب: 62807 الرياض 11595

حول المؤلف

ولد بيل برايسون في دي موا بولاية آيوا سنة 1951، واستقرّ في إنكلترة في 1977، وعاش سنوات طويلة مع زوجته الإنكليزية وأبنائه الأربعة في نورث يوركشاير، ثم انتقل هو وأسرته إلى أمريكة لبضع سنوات، ولكنه عاد فيما بعد إلى المملكة المتحدة. ألّف كتباً حققت أفضل المبيعات: كتاب (القارة المفقودة)، وكتاب (اللغة الأم)، وكتاب (لا هنا ولا هناك)، و(مذكرات من جزيرة صغيرة)، وكتاب (نزهة في الغابات)، و(مذكرات من بلاد كبيرة)، وكتاب هناك في الأسفل، وألّف أخيراً كتاب (موجز تاريخ كل شيء)، والكتاب الذي حقق أفضل المبيعات، (يوميات إفريقية)، وهو كتاب تم تأليفه لصالح وكالة كير الدولية الخيرية.



تقريظ نقدي لكتاب موجز تاريخ كل شيء تقريباً

إن برايسون يجعل دراسة العلم تبدو ودية جداً.

نيو ساينتست

أتحدى أن يشعر أي قارئ بالملل أو التعب من صفحة واحدة من محتويات هذا الكتاب. إنه كتاب جدير بالقراءة.

سندي تايمز

حاول تحقيق إنجازه الأكبر حتى الآن، وأظنه نجح.

إيفننغ ستاندارد

شبكة صيد كبيرة مصنوعة بعناية، ومكتوب بوضوح كبير، وبطاقة وحماس.

تايم آوت

يثير الحماس بنحو حقيقي. دليل سفر في تاريخنا الخاص يستحوذ عليك.

آيرش نيوز

رحلة طموحة وصعبة ومنظمة عبر أسس عالمنا.

آيرش تايمز

ألَّف هذا الكتاب بحس فكاهته الذي هو علامته التجارية الخاصة، وهذا هو البلسم التام لكل من يجدون الكتابة العلمية غير قابلة للفهم.

ومن آند هوم

شهادة مؤثرة لدوافع وقوى الفهم.

ديلي تلغراف

أحد أذكى كتب المؤلف ويستحق قراءة جدية.

بالتيمور سن

هناك كثير من اللحظات التي تثير الضحك في هذا الكتاب... لقد ألّف برايسون مجلداً يضيء... قدَّم لنا كتاباً يمكن أن يوجّه الناس إلى هذا الشيء المثير الذي يُدعى العلم.

الكرستيان ساينس مونيتور

يتحرك بسرعة كأنه عِلمٌ على مزلقة... يثير برايسون إحساساً مستمراً بالتساؤل والدهشة... دقيق بنحو مدهش، موسوعي على نحو متألق وفصيح بنحو ظريف... باختصار، إنه راوٍ موهوب تجرَّأ على أن يروي القصة الأكبر للعالم.

سياتل تايمز

إنه كتاب غني، ممتع. وحين ننتهي منه نشعر بقيمة الوقت الذي أمضيناه في رفقة جيدة.

الأوستراليان

محاولة طموحة لفك شفرة ألغاز الكون بخفة وبمصطلحات عالم.

هيرالد سند (ملبورن)

إن جميع أنواع الأشخاص سيجدون هذا الكتاب ممتعاً ومحفّزاً.

سدني مورنينغ هيرالد

محاولة طموحة لجعل العلم حياً.

ويست أستراليان

ذو أسلوب، قراءته ممتعة، ويتحدث عن كل شيء تقريباً.

أدفرتايزر (أدليد)

في أكثر من خمس مئة صفحة بقليل فعل ما رغب أن يفعله دوماً مدرّس مادة العلم في المرحلة الثانوية: جعل العلم سهلاً ومسلياً، وذلّل صعوبته.

نيوزيلاند هيرالد

هنا رجل يستطيع القيام بالمستحيل، ويجعل ما لا يُفهم واضحاً ومركزاً، ويبعث الحياة في الموضوعات الأكثر بلادة كغرفة للثرثرة... كتاب ممتع من البداية إلى النهاية. أشك إن كان هناك كتاب يضاهي هذا الكتاب.

التيمارو هيرالد

يدعونا برايسون إلى عالم مثير مليء بعلماء كثيري التشكّي، ومنمّقين، ومنطوين، وبارعين وخجولين في مقدمة البحث في أزمنتهم... باختصار، إنه يبعث الحياة في العلم، ويجعله ممتعاً وجذاباً لأي إنسان عادي.

الديلي بوست

يصوّر برايسون العلم على أنه نشاط إنساني جداً، ويصور مكتشفاته ونظرياته المحورية على أنها تلهم الروع بنحو حقيقي... هذا الكتاب الأعظم من جميع الأدلة الأخرى يمكن أن يكون الأفضل حتى الآن.

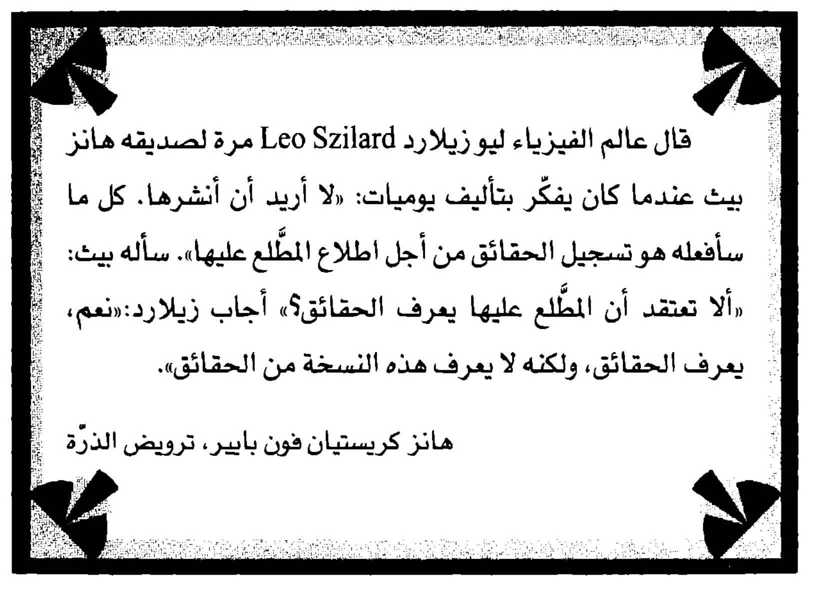
ويكاتو تايمز

كُتب كي يُمتع، وكي لا يخيّب الأمل... ويتدفق كله دون جهد بحس فكاهة برايسون وأسلوبه المعتادين.

أوتاغو ديلي تايمز

برايسون كاتب متألق، ويتوهّج هذا الكتاب بحس الفكاهة والطرافة.

ثاوسلاند تايمز



قال عالم الفيزياء ليو زيلارد Leo Szilard مرة لصديقه هانز بيث عندما كان يفكّر بتأليف يوميات: «لا أريد أن أنشرها. كل ما سأفعله هو تسجيل الحقائق من أجل اطلاع المطَّلع عليها». سأله بيث: «ألا تعتقد أن المطَّلع عليها يعرف الحقائق؟» أجاب زيلارد: «نعم، يعرف الحقائق، ولكنه لا يعرف هذه النسخة من الحقائق».

هانز كريستيان فون باير، ترويض الذرّة

المحتويات

عرفان بالجميل 17

مقدمة 19

الباب الأول: ضائعون في الكون

الفصل الأول: كيف نبني كوناً 27

الفصل الثاني: أهلاً بكم في المنظومة الشمسية 39

الفصل الثالث: كون الموقّر إيفانز 51

الباب الثاني: حجم الأرض

الفصل الرابع: قياس الأشياء 67

الفصل الخامس: كسّارو الحجارة 89

الفصل السادس: التنافس العلمي العنيف 107

الفصل السابع: مسائل عناصريّة 127

الباب الثالث: فجر عصر جديد

الفصل الثامن: كون آينشتاين 147

الفصل التاسع: الذرة الجبارة 167

الفصل العاشر: التخلص من الرصاص 193

الفصل الحادي عشر: كواركات مستر مارك 197

الفصل الثاني عشر: الأرض تتحرك 211

الباب الرابع: كوكب خطر

الفصل الثالث عشر: انفجار! 227

الفصل الرابع عشر: النار في الباطن 247

الفصل الخامس عشر: جمال خطر 265

الباب الخامس: الحياة نفسها

الفصل السادس عشر: كوكب وحيد 281

الفصل السابع عشر: داخل التروبوسفير: (الطبقة السفلى من الغلاف الجوي)... 299

الفصل الثامن عشر: البحر المتّسع 317

الفصل التاسع عشر: عالم صغير 337

الفصل العشرون: الحياة تستمر 359

الفصل الواحد والعشرون: وداعاً لكل هذا 375

الفصل الثاني والعشرون: غنى الوجود 393

الفصل الثالث والعشرون: الخلايا 417

الفصل الرابع والعشرون: بدعة دارون 429

الفصل الخامس والعشرون: مادة الحياة 447

الباب السادس: الطريق إلينا

الفصل السادس والعشرون: الزمن الجليدي 469

الفصل السابع والعشرون: ثنائي الأقدام الغامض 487

الفصل الثامن والعشرون: وداعاً 505

هوامش 515



عرفان بالجميل

أجلس هنا، في سنة 2003م، وأمامي صفحات من مخطوط، عليها ملحوظات مشجعة ولبقة من (أيان تاترسال)، الذي يعمل في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي، وهي تشير -بين أشياء أخرى- إلى أن بريجيو perigueux ليست منطقة منتجة للنبيذ، وأنه لأمر مبتكرٌ مني، ويعكس لمسة غير أرثوذكسية أن أؤكد أن التقسيمات التصنيفية هي أعلى من مستوى الجنس والنوع، وأنني أخطأت دوماً في كتابة كلمة أولورجيسيلي (وهو مكان كنت أزوره باستمرار مؤخراً) وإلى ما هنالك في خط مشابه عبر فصلين من نص يغطي مجال تخصصه: البشر الأوائل.

لا أعرف كم توجد من هفوات في هذا الكتاب، ولكن بفضل الدكتور تاترسال وكل الذين سأذكرهم تخلصت من مئات الأخطاء. لا أعرف كيف أشكر بنحو ملائم الذين ساعدوني في التحضير للكتاب. أنا مدين، بخاصة للذين كانوا كرماء ولطيفين وصابرين دوماً، الذين كانوا يجيبون عن سؤال واحد بسيط كُرر بلا نهاية: «أنا آسف، لكن هل تستطيع شرح هذا مرة أخرى؟».

في إنكلترة: ديفد كابلان من د.إمبريال كوليج، لندن؛ رتشارد فورتي، ولين إليس وكاثي وي من متحف التاريخ الطبيعي؛ مارتن راف من يونيفرستي كوليج، لندن؛ روزاليند هاردنغ من مؤسسة الأنثروبولوجيا البيولوجية في أكسفورد؛ الدكتور لورنس سماجي، سابقاً من مؤسسة ويلكوم؛ وكيث بلاكمور من التايمز.

في الولايات المتحدة: إيان تاترسال من متحف التاريخ الطبيعي الأميركي في نيويورك؛ جون ثورستنسن، وماري كي. هدسون وديفد بلانشفلاور من كلية دارتماوث في هانوفر، ونيوهمبشير؛ الدكتور وليم عبدو، والدكتور برايان مارش من المركز الطبي دارتماوث هتشكوك في لبانون، ونيوهمبشير؛ ري أندرسون وبريان وتزكي من قسم آيوا للمصادر الطبيعية، وآيوا سيتي، ومارك فورهايس من جامعة نبراسكا وآشفل فوسل بدز ستيت بارك قرب أورشارد، ونبراسكا؛ تشك أوفنبرجر من جامعة بوينا فستا، وستورم ليك، آيوا؛ كين رانكورت، مدير البحث،

ومرصد ماونت واشنطن، وجورمهم، ونيومهمبشير؛ بول دوز، عالم الجيولوجيا في يلوستون ناشنال بارك؛ فرانك آسارو من جامعة كاليفورنيا في بيركلي؛ أوليفر بين ولين أديسون من الجمعية الجغرافية الوطنية؛ جيمس أو. فارلو، جامعة إنديانا بوردو؛ روجر ل. لارسون، أستاذ الجيوفيزياء البحرية، جامعة رودآيلاند؛ جيف جوين من صحيفة ستار تلغرام في فورت ورث؛ جيري كاستن من دالاس، تكساس، موظفو الجمعية التاريخية في آيوا في دي موا.

في أستراليا: الموقّر روبرت إيفانز من هيزلبروك، نيو ساوث ويلز؛ الدكتور جيلي كيني، المكتب الأسترالي لعلم الأرصاد الجوية؛ آلن ثورن وفكتوريا بنت من الجامعة القومية الأسترالية في كانبيرا؛ لويس بيرك وجون هاولي من كانبيرا؛ آن ميلن من سدني مورنينغ هيرالد؛ أيان نواك، سابقاً من الجمعية الجيولوجية لغرب أستراليا؛ توماس هـ. ريتش من متحف فكتوريا؛ تيم فلانيري، مدير المتحف الأسترالي الجنوبي في أدليد؛ ناتالي بابورث وآلن مكفادين من الحدائق النباتية الملكية التسمانية، هوبارت؛ والموظفون المساعدون جداً من مكتبة الولاية في نيو ساوث ويلز في سدني.

وفي أمكنة أخرى: سو سوبرفيل، مدير مركز المعلومات في متحف نيوزلندة في ولنغتون؛ والدكتورة إيما مبوا، الدكتور كوين مايس وجيلاني نجالا من متحف كينيا الوطني في نيروبي.

وأنا مدين بنحو عميق ومتنوع لباتريك جانسون سميث وجيرالد هوارد وماريان فيلمانز وأليسون توليت وجيليان سومرسكيل ولاري فنلي وستيف روبن وجيد ماتز وكارول هيتون وتشارلز إليوت وديفد برايسون وفليسيتي برايسون ودان مكلين ونيلك ساوثرن وجيرالد إنجلبرتسين وباتريك كالاجهر ولاري آشميد وموظفو مكتبة هاو في هانوفر، مهمبشير، الذين لا مثيل لهم والمرحون دوماً.

وقبل كل شيء، ودوماً، أقدم شكري الأعمق لزوجتي العزيزة الصابرة التي لا تُضاهى، سنثيا.

مقدمة

أهلاً بكـم. تهانينا. يسرّني أنكم استطعتم فعلها. أعـرف أن الوصول إلى هنا ليس بالأمر السهل. والواقع أنه كان أكثر صعوبة بقليل مما أدركتم.

بدايـةً، كي تكونـوا هنــا كان ينبغي أن تتجمـع ترليونات من الـذرات المندفعة بطريقـة معقدة نوعاً مــا، واضطرارية بنحـو يثير الاستغراب كـي تصنعكم. إنه ترتيـب متخصص ومحـدّد، حيث إنّه لم يُجـرّب من قبل أبداً ولـن يوجد إلا هذه المـرة. وفي كثير من السنوات الآتية (كما نأمـل) ستنخرط هذه الجزيئات البالغة الصغـر، دون شكوى في بلايـين الجهود البارعـة والتعاونية الضروريـة لإبقائكم سليمـين، وترككم تجربون الحالة المستساغة جداً، ولكـن غير المقدّرة عامةً، التي يُطلق عليها اسم الوجود.

أمــا لماذا تبـذل الذرات هذا الجهد فهو لغز؛ فكونك أنـت ليس تجربة ممتعة على المستـوى الذري؛ فبالرغم مـن كل حرصها وإخلاصها، فإن ذراتـك في الواقع لا تأبه بك ولا تعرف أنها موجودة. إنها جزيئات بلا عقل في النهاية، وهي ليست حية. (إنها لفكرة آسرة قليلاً أنه إذا فكّكت نفسك بملقط، وانتزعت ذرة في كل مرة، فإنك ستنتج كومـة من الغبار الـذري الرائع، لم يكن حياً في السابق ولكن كلـه كان أنت مرة). مع ذلـك، إن الذرات تستجيـب في مدة وجودك نوعاً ما، لدافع وحيـد صارم: أن تبقيك على ما أنت عليه.

أمــا الأخبار السيئة فهي أن الذرات متقلّبة وزمـن إخلاصها قصير وعابر. إن أطـول حيــاة إنسانية تصل إلــى 650,000 ساعة فقط. وحـين يومض ذلك المعلم الوقـور في مدى النظـر، أو في نقطة أخرى ما قريبة من ذلـك المكان، فإن ذراتك سـوف تقضي عليك لسبب مجهول، ثم تتفكك بصمت وتتلاشى؛ كي تصبح أشياء أخرى. وهذا ما سيحدث لك.

مع ذلك، يمكن أن تغتبط من حدوث هذا بأي حال. إذا ما تحدثنا بصورة عامة فإن هذا لا يحدث في الكون، كما ما نعرف حتى الآن. وهذا غريب بلا جدال؛ لأن الذرات التي تجتمع سوية بحرية وتجانس كي تشكل الأشياء الحية للأرض هي بالضبط الذرات نفسها، التي ترفض فعل ذلك في مكان آخر. ومهما كان الأمر، فإن الحياة على مستوى الكيمياء هي دنيوية بنحو خيالي (فنتازي): كربون، وهيدروجين، وأوكسجين ونتروجين، وقليل من الكالسيوم، ولمسة من الكبريت ورشة خفيفة من عناصر أخرى عادية جداً، ما من شيء لا تجده في أي صيدلية عادية وهذا كل ما تحتاج إليه. والشيء الوحيد الخاص حيال الذرات التي تصنعك هي أنها تصنعك. وهذه هي، (بالطبع)، معجزة الحياة.

وسواء كانت الذرات تصنع الحياة في زوايا أخرى من الكون أم لا، فإنها تصنع كثيراً من الأمور الأخرى؛ وهي في الواقع تصنع كل شيء آخر. فمن دونها لن يكون هناك ماء ولا هواء ولا صخور ولا نجوم ولا كواكب، ولا سحب غازية بعيدة أو سديم يدور مشوشاً، أو أي من الأشياء الأخرى التي تجعل الكون مادياً، هكذا بنحو مستساغ. فالذرات كثيرة وضرورية إلى درجة أننا نهمل بسهولة عدم حاجتها إلى الوجود ألبتة. إذ ليس هناك قانون يقتضي أن يملأ الكون نفسه بجزيئات صغيرة من المادة، كي ينتج الضوء والجاذبية والخواص الأخرى التي يتعلق بها وجودنا. ذلك أنه ليس هناك حاجة لوجود كون ألبتة. ولم تكن هناك حاجة لوجوده لوقت طويل جداً. لم تكن هناك ذرات ولا كون تطوف فيه. لم يكن هناك شيء، لا شيء على الإطلاق في أي مكان.

إن النوع العادي لا يستمر على الأرض إلا نحو أربعة ملايين عام، وهكذا إذا رغبت في أن تكون موجوداً لبلايين الأعوام ينبغي أن تكون متقلباً على غرار الذرات التي صنعتك. يجب أن تكون مستعداً لتغيير كل شيء فيك: الشكل والحجم واللون وروابط النوع، وكل شيء، وأن تفعل ذلك بنحو متكرر. ولكنَّ قول هذا أسهل بكثير من فعله؛ وذلك لأن عملية التغيّر عشوائية. فتحوّلكَ من (كرة ذرية صغيرة بدائية

بروتوبلازمية) (كما يعبّر جلبرت وسوليفان) إلى إنسان حديث منتصب عاقل اقتضى منك أن تكتسب سمات جديدة مرة بعد أخرى بطريقة تحدث في الوقت المناسب بدقة لمدة طويلة جداً. وهكذا في مدد متنوعة من الـ 3.8 بليون عام الأخيرة مقتُّ الأوكسجين ثم شغفتُ به، نمتّ لك زعانف وأعضاء أو زعانف تشبه الشراع، وضعت البيض، وضربت الجو بلسان متشعّب، وكنت أملس الشعر، أو عليك فراء، وعشت تحت الأرض، وعشت في الأشجار، وكنت كبيراً كأيِّل وصغيراً كفأر، ومليون شيء آخر. ولو انحرفت انحرافاً ضئيلاً عن أي من هذه الأساسيات التطورية، لكان من المحتمل أنك تلعق الآن الطحالب عن جدران الكهوف، أو تسترخي كالفظّ (حيوان بحري كالفقمة) على الشاطئ الحجري، أو تُخرج الهواء من ثقب في قمة رأسك قبل أن تغوص ستين قدماً من أجل حفنة لذيذة من ديدان الرمال(*).

يتحدث هذا الكتاب عن كيف حدث الأمر، ولا سيما كيف أتينا من هناك، حيث كنا عدماً، إلى هنا حيث نشكل شيئاً ما، ثم كيف أن قليلاً من ذلك الشيء تحوّل وصار نحن، ثم أيضاً بعض ما حدث في غضون ذلك ومنذ ذلك الوقت. هذا كثير على كتاب كي يغطيه، ولهذا كان عنوان الكتاب: «موجز تاريخ كل شيء تقريباً»، بالرغم من أنه ليس كذلك حقاً، ولا يمكن أن يكون. ولكن إذا حالفنا الحظ وأنهيناه يمكن أن يمنح شعوراً بأنه يمكن أن يكون كذلك.

كانت نقطة انطلاقي الخاصة - من أجل هذه الأمور المهمة - مقرراً مدرسياً علمياً كان عندي حين كنت في الصف الرابع أو الخامس. كان الكتاب مقرراً للجميع في الخمسينيات، وكان مكروهاً وكبيراً وثقيلاً على نحو مزعج، ولكن في بدايته كان هناك رسم سحرني فوراً: قطعٌ يُظهر باطن الأرض كما سيبدو إذا قطعت الكوكب بسكين كبيرة، وسحبت بعناية قطعة تمثل نحو ربع حجمه.

من الصعب تصديق أنه كان هناك وقت لم أرَ فيه رسماً كهذا من قبل، ولكن من الواضح أنني لم أشاهده؛ لأنني أذكر بوضوح أنه جعلني أتسمّر. وأعترف، بصدق، أن اهتمامي الأول كان منصباً على صورة خاصة لجداول من سائقي سيارات غير

(*) يبدو أن المؤلف هنا يلمح لنظرية النشوء والارتقاء التي لا يقرها علم ولا دين (المراجع).

متوقفين، متجهين شرقاً في الولايات السهلية الأميركية، مندفعين على حافة جرف مفاجئ يبلغ ارتفاعه أربعة آلاف ميل يمتد بين أمريكة الوسطى والقطب الشمالي، ولكنَّ انتباهي تحوّل بالتدريج وبطريقة أكثر مدرسية إلى الأهمية العلمية للرسم وإدراك أن الأرض تتألف من طبقات منفصلة، تنتهي في المركز بكرة متوهجة من الحديد والنيكل، وهو حار كسطح الشمس بحسب التعليق على الصورة، وأتذكر أنني فكرت بدهشة حقيقية: (كيف يعرفون هذا؟).

لم أشكّك بصحة المعلومات للحظة، فأنا ما أزال أميل إلى الثقة بأقوال العلماء، كما أثق بالجراحين والمشتغلين بالسمكرة وأصحاب المعلومات المبهمة وذات الامتياز، ولكنني لم أستطع أن أفهم كيف يمكن لأي ذهن بشري أن يعرف كيف يمكن أن تبدو مسافات من آلاف الأميال التي تحتنا، ومن ماذا تُصنع والتي لا يمكن لعين أن تراها أو لأشعة إكس أن تخترقها. كان ذلك بالنسبة لي معجزة فحسب. وكان هذا موقفي من العلم منذ ذلك الحين.

أخذت الكتاب إلى المنزل مهتاجاً، وفتحته قبل العشاء وقد دفع هذا الفعل أمي إلى أن تضع يدها على جبيني، وتسألني إن كنت على ما يرام وبادئاً بالصفحة الأولى، قرأت.

لم أشعر بالإثارة مطلقاً، ولم أفهم أي شيء. فضلاً عن ذلك، لم يجب الكتاب على أي من الأسئلة التي أثارتها الصورة في عقل سويٍّ مُستقصٍ: كيف صارت هناك شمس في باطن كوكبنا، وكيف نعرف كم هي حارة؟ وإذا كانت تشتعل النار في الأسفل فلماذا ليست الأرض التي تحت أقدامنا حارة؟ ولماذا ليست بقية باطن الأرض ذائبة، أم هي ذائبة؟ وحين تحرق النواة نفسها، هل سيسقط بعض الأرض في الفراغ تاركاً ثقباً عميقاً على السطح؟ وكيف تعرف هذا؟ كيف اكتشفت هذا؟

كان المؤلف صامتاً بنحو غريب حيال تفاصيل كهذه، بل كان في الواقع صامتاً حيال كل شيء سوى الطيّات المحدّبة والطيّات المقعّرة والصدوع المحورية وغيرها. وبدا الأمر كأنه يريد أن يبقي المادة الجيدة سرية، جاعلاً منها كلها عصية على السبر. ومع مرور الأعوام، بدأت أشك أن هذا لم يكن كله دافعاً خاصاً. بدا كأن

هنـاك مؤامرة كونية غامضة بـين مؤلفي المقررات المدرسية، كـي يتأكدوا من أن المادة التي تعاملوا معها يجب ألا تقترب من مملكة ما هو مسلٍّ ومريح، وتظل دوماً عصيةً على الوضوح كما لو أنها مكالمة هاتفية مثيرة من مكان بعيد.

أعـرف الآن أن هناك كثيراً مـن الكتّاب العلميين، الذيـن يؤلفون النثر الأكثر وضوحـاً وإثـارة: تيموثـي فيريسـ، ورتشارد فورتـي وتيم فلانـيري يتشابهون في الأسلوب، ناهيك عن المرحوم العظيم ريتشارد فينمان، ولكن من المثير للحزن أنه لم يؤلف أي منهم أي مقرر مدرسي سبق واستخدمته.

كانـت كل مقرراتي من تأليف رجـال كانوا دوماً رجالاً يؤمنون بالفكرة الممتعة، التـي مفادها أن كل شـيء يصير واضحاً إذا عُبّر عنه عبر صيغة، معتقدين بشكل خـادع ومسلٍّ بأن أطفال أمريكة سيقدّرون الحصول على فصول تنتهي بمقطع من الأسئلـة، التي يستطيعون التفكير بها ملياً في وقتهم الخاص. وهكذا كبرت مقتنعاً بـأن العلم بليد جداً، ولكننـي شككت بعدم حاجته ليكون هكذا، ولم أفكر مطلقاً إن كنت أستطيع مساعدته. وكان هذا موقفي لوقت طويل.

ثـم، في وقـت متأخر جداً منذ أربـع أو خمس سنوات، على مـا أظن كنت في رحلة طويلـة فوق المحيط الهـادئ، أنظر بكسل من النافذة إلى المحيـط الذي ينعكس عليه ضـوء القمر، حينها خطـر لي بشكل غير مريح أنني أجهل الشـيء الأول عن الكوكب الوحيـد الـذي أعيشـ فيه. لم تكـن لدي فكـرة مثلاً، لـماذا المحيطات مالحـة ولماذا البحـيرات الكـبرى حلـوة. لم أكن أمتلك أدنى فكـرة. لم أعـرف إن كانت المحيطات تصبح أكثر ملوحة، أو تقل ملوحتها مع مرور الوقت، وإن كانت مستويات ملوحة البحر أمراً ينبغي أن يهمني أم لا. (يسرّني كثيراً أن أخبركم أن العلماء لم يعرفوا الإجابات عن هذه الأسئلة أيضاً حتى أواخر السبعينيات. فأفكارهم غير معروفة جيداً).

كانـت ملوحة البحـر، (بالطبع) تمثل مجرد ذرة جهلـي. لم أكن أعرف ما هو البروتـون، أو البروتين، ولم أكـن أميّز بين الكوارك(*) والكـوازار (شبه النجم)،

(*) جسيم دوذريّ افتراضي يُعتقد أنه يكوّن جميع الجسيمات الأولية المعروفة.

لم أفهم كيف يستطيع علماء الجيولوجيا النظر إلى طبقة صخرية في جدار وادٍ ويحددون لك عمرها: لم أكن أعرف أي شيء بالفعل. ووقعت في شباك دافع ملحٍّ هادئ وغير عادي لمعرفة قليل عن هذه المسائل وكي أفهم قبل كل شيء كيف اكتشف الناس هذه الأمور. وبقي هذا بالنسبة لي أعظم حالات الدهشة: كيف يستنتج العلماء الأمور. كيف يعرف أيٌّ شخص كم وزن الأرض وعمر صخورها، أو ما الذي هناك في مركزها؟ كيف يستطيعون معرفة (كيف؟ ومتى؟) بدأ الكون وكيف كان يبدو آنذاك؟ كيف يعرفون ما يجري داخل الذرة؟ وكيف يبدو العلماء كأنهم يعرفون غالباً تقريباً كل شيء، ولكنهم مع ذلك غير قادرين على التنبؤ بالزلزال، أو أن يقولوا لنا: إن كان ينبغي أن نأخذ مظلة إلى السباقات يوم الأربعاء القادم؟

وهكذا قررت أن أخصص جزءاً من حياتي وهو ثلاث سنوات، كما تبيّن الآن لقراءة الكتب والمجلات والعثور على خبراء صابرين كالقديسين، مستعدين للإجابة عن كثير من الأسئلة غير المطروحة. وكانت الفكرة أن أرى إن كان من الممكن فهم واستيعاب والإعجاب والاستمتاع، حتى بأعجوبة وإنجازات العلم على مستوى ليس تقنياً جداً أو متطلباً، ولكن ليس سطحياً في الوقت نفسه.

كانت هذه فكرتي وأملي، وهذا هدف الكتاب. على أي حال، لدينا أرض واسعة بحاجة للتغطية، وليس أقل من 650,000 ساعة لفعل ذلك، إذاً، لنبدأ.



الباب الأول

ضائعون في الكون

إنهم جميعاً في الطائرة نفسها. وكلهم يدورون في الاتجاه نفسه... هذا تام، كما تعرفون. هذا فائق الجمال. إنه تقريباً خارق للطبيعة.

عالم الفلك جيوفري مارسي يصف النظام الشمسي

كيف نبني كوناً

مهما بذلتم من جهد، فإنكم لن تتمكنوا أبداً من فهم: «لماذا البروتون في غاية الصغر ويشغل حيّزاً متواضعاً»؟ إنه صغير جداً فحسب.

إن البروتون جزء متناهي الصغر من الذرة التي هي نفسها بالطبع شيء واهٍ. فالبروتونات صغيرة جداً، بحيث إنّ نقطة حبر صغيرة كالنقطة التي على حرف أبجدي يمكن أن تحتوي على 500,000,000,000 من الذرات، أو على أكثر من عدد الثواني التي تستغرق صناعة نصف مليون عام. وهكذا فإن البروتونات بالغة الصغر بنحو كبير، هذا إذا قلنا أقل شيء.

والآن تخيّلوا إن استطعتم (وبالطبع لن تستطيعوا) تقليص أحد هذه البروتونات إلى جزء من بليون من حجمه الطبيعي في مكان صغير يجعل البروتون يبدو كبيراً. والآن اجمعوا في ذلك المكان الصغير جداً نحو أونصة من المادة. ممتاز! أنتم مستعدون لإطلاق كون.

إنه لمن الغرور بالطبع أن ترغبوا ببناء كون تضخّمي. وإذا فضّلتم بدلاً من ذلك بناء كون أكثر قدماً، كون عادي ناجم عن الانفجار العظيم، فإنكم ستحتاجون إلى مواد إضافية. ستحتاجون في الواقع إلى جمع كل ما هو متوافر، كل ذرة أو جزيء أخير من المادة بين هنا، وحافة الخلق وحصره في بقعة متراصة بشكل متناهي الصغر لا أبعاد لها على الإطلاق. إنها تعرف باسم النقطة المفردة.

في كلتا الحالتين، استعدوا لانفجار كوني حقيقي. ستتمنّون أن تنسحبوا إلى مكان آمن؛ كي تراقبوا المشهد. ولسوء الحظ، فليس هناك مكان تنسحبون إليه؛ لأنه خارج هذه النقطة المفردة لا يوجد مكان. وحين يبدأ الكون بالتوسّع، فإنه لا يكون في حال انتشار لملء فراغ أكبر؛ فالمكان الوحيد الذي يوجد هو المكان الذي يخلقه فيما يتحرك.

من الطبيعي، ولكن من الخطأ تصوّر النقطة المفردة، بوصفها نوعاً من النقطة الحبلى المعلقة في فراغ مظلم بلا حدود. ولكن ليس هناك مكان، ليس هناك ظلمة، فالنقطة المفردة لا محيط حولها. ليس لها مكان تشغله، ولا مكان لها كي تكون. لا نستطيع حتى أن نسأل كم كانت هناك، فيما إذا كانت قد بزغت إلى الوجود أخيراً، على غرار فكرة جيدة، أو إن كانت هناك إلى الأبد، تنتظر بهدوء اللحظة المناسبة. فالزمن لا يوجد. فلا ماضي له كي يبزغ منه.

وهكذا، بدأ الكون من عدم.

وفي خفق مفاجئ يسبب العمى، في لحظة من المجد سريعة جداً تعجز اللغة عن التعبير عنها، تتخذ النقطة المفردة أبعاداً سماوية، مكاناً خارج التصور. إن الثانية الحية الأولى (وهي ثانية سيكرّس كثير من علماء الكون حياتهم المهنية لتقسيمها إلى أجزاء أكثر روعة) تنتج الجاذبية والقوى الأخرى التي تحكم الفيزياء؛ ففي أقل من دقيقة يصبح عرض الكون أكثر من مليون بليون ميل وينمو بسرعة. هناك كثير من الحرارة الآن، عشرة بلايين درجة منها، ما يكفي لتشغيل ردود الفعل الذرية التي تخلق العناصر الأكثر خفة، وبشكل رئيس الهيدروجين والهليوم، مع نثرة من (نحو ذرة واحدة في مئة مليون) من اللِّيثيوم. وفي ثلاث دقائق يتشكل 98% من كل المادة الموجودة أو التي سيحدث ويتم إنتاجها. لدينا كون. إنه مكان الاحتمال الأكثر روعة ومدعاة للسرور، وهو جميل أيضاً. وقد أنجز هذا كلّه في الوقت الذي يستغرقه إعداد شطيرة تقريباً.

ولكن موعد حدوث هذه اللحظة مسألة مثيرة للجدل. فقد جادل علماء نشوء الكون طويلاً في أن كون لحظة الخلق، قد حدثت منذ عشرة بلايين سنة أو أكثر من ذلك بمرتين أو فيما بين ذلك. ويبدو أن الإجماع يتجه إلى رقم هو نحو 13.7 بليون عام، ولكن من الصعب قياس هذه الأمور كما هو معروف، وكما سنرى فيما بعد. وكل ما يمكن أن يقال حقاً هو إنه في نقطة ما غير محددة في الماضي البعيد، ولأسباب غير معروفة، جاءت لحظة يسميها العلم $t = 0$. نحن في طريقنا.

ثمة أمور كثيرة نجهلها، كما نجهل كثيراً مما نظن أننا نعرفه، أو اعتقدنا أننا نعرفه لوقت طويل. حتى نظرية الانفجار العظيم(*) هي نظرية حديثة تماماً. وكانت الفكرة تحاول شق طريقها منذ العشرينيات، حين اقترحها بتردد جورج ليمتر Georges Lemaitre، وهو كاهن وباحث بلجيكي، ولكنها لم تصبح في الحقيقة نظرية فاعلة في الكوزمولوجيا حتى منتصف الستينيات، حين قام اثنان من علماء الفلك الإشعاعي(**) الشبان باكتشاف فائق للعادة وغير مقصود.

كان اسماهما آرنو بنزياس وروبرت ولسون. وفي عام 1965 كانا يحاولان استخدام هوائي ضخم للاتصالات كانت تملكه مختبرات بيل في هولمودل، ونيوجرسي، ولكن ضايقتهما ضجة من الخلفية، (الصوت الخفي) ثابت متدفق جعل أي عمل تجريبي مستحيلاً. كانت الضجة لا تلين وغير مركزة. كانت تأتي من جميع النقاط في السماء، نهاراً وليلاً، عبر جميع الفصول. وطوال عام فعل عالما الفلك الشابان كل ما كان بمقدورهما التفكير به لتعقب الضجيج والتخلص منه. اختبرا جميع الأنظمة الكهربائية. أعادا بناء الأدوات، وفحصا الدارات، واختبرا الأسلاك، ومسحا الغبار عن القوابس. تسلقا إلى الصحن اللاقط ووضعا شريطاً لقياس الهواء فوق كل برشام وطبقة. تسلقا من جديد إلى الصحن بالمكانس وفراشي التنظيف ونظفاه بعناية مما أشارا إليه في صفحة ثانية بأنه (مادة بيضاء عازلة)، أو مما هو معروف بنحو أكثر شيوعاً بأنه زرق الطيور. لكن محاولاتهما لم تجدِ نفعاً.

كان هناك فريق من العلماء مجهول من قبلهما على بعد نحو 50 كيلومتراً في جامعة برنستون يقوده روبرت ديك، ويعمل من أجل العثور على الشيء ذاته الذي يحاولان جاهدين العثور عليه؛ كي يتخلّصا منه. كان باحثو برنستون يدرسون

(*) نظرية تقول: إن الكون نشأ عن انفجار كتلة من ذرات الهيدروجين، وإنه لا يزال يتمدد بفعل هذه القوة، وإنه سوف يتقلّص في نهاية المطاف ليغدو كتلة واحدة، وإن هذه الكتلة الواحدة سوف تعاود الانفجار وهكذا دواليك. المترجم.

(**) فرع من علم الفلك يعنى بتسجيل ودراسة الموجات اللاسلكية المنبعثة من الفضاء الخارجي. المترجم.

فكـرةً طرحها في الأربعينيات عالم الفيزياء الفلكية المولود في روسية جورج جامو، ومفادهـا أنـه إذا نظـرت عميقاً في الفضـاء فستجـد خلفية إشعـاع كونية تركها الانفجـار العظيم. وقد حسب جامو أنـه في الوقت الذي سيعبر فيه الإشعاع رحابة الكون، فإنه سيصل إلى الأرض في شكل موجات كهرطيسية. وفي بحث أحدث عهداً اقـترح أيضـاً أداة يمكن أن تؤدي العمل: هوائي بيل في هولموديل. ولسوء الحظ، لم يقرأ بنزياس ولا ولسون ولا فريق برنستون دراسة جامو.

كان الضجيـج الـذي سمعه جامو وبنزياس هو الضجيج الـذي كان قد سلّم به جامـو بالطبع. لقـد اكتشفا حافة الكـون، أو على الأقل الجزء المرئـي منها، على بعد تسعين بليون ترليون ميل. كانا يشاهدان (الفوتونات) الأولى (وحدات الطاقة الضوئية) الضوء الأكثر قدماً في العالم، بالرغم من أن الزمن والمسافة قد حوّلاها إلــى موجات كهرطيسية قصيرة نسبياً، تماماً كمـا تنبأ جامو. يقدم آلن جوث في كتابـه الكون التضخّمي، مثالاً يساعـد على توضيح هذا الاكتشاف. إذا نظرت إلى أعمـاق الكون كما تنظر من الطابق المئة لمبنى الإمبايرستيت، مفترضاً أن الطابق المئة يمثـل (الآن) ومستـوى الشارع يمثّل (لحظـة الانفجار الكـوني)؛ فالمجرات المكتشفـة الأكثر بعـداً كانت في وقت اكتشاف بنزياس وولســون في الطابق الستين تقريباً، وكانت الأشياء الأكثر بعداً الكوازار (النجم الزائف) في الطابق العشرين. إن اكتشاف بنزياس وولسون طوّر معرفتنا بالكون المرئي إلى درجة كبيرة.

كان ولسون وبنزياس لا يزالان يجهلان سبب الضجيج، حين اتصلا بالعالم ديك في برنستون، ووصفا له مشكلتهما، آملين إمكانية اقتراح حل. وأدرك ديك حالاً ما اكتشفه الشابان. وقال لزملائه فيما كان يضع السماعة: «حسناً يا فتيان، لقد سبقونا».

نشـرت مجلـة فيزيـكال أسترونومـي (الفيزيـاء الفلكية) مقالـين في الحال: أحدهمـا بقلم بنزياس وولســون يصف تجربتهما مع الهسيسـ، وآخر أعده فريق ديـك يشرح طبيعته. وبالرغـم من أن بنزياس وولسون لم يكونا يبحثان عن إشعاع كـوني خلفـي، ولم يعرفا ما هو حين اكتشفـاه، ولم يصفا أو يفسّـرا طبيعته في أي

مقـال، فإنهما حصلا على جائزة نوبـل في الفيزياء في سنة 1978. لم يحظَ فريق برنستـون إلا بالتعاطف. وكما قال دنسـ أوفرباي في كتاب القلوب الوحيدة للكون، لم يفهم بنزياس ولا ولسون أهمية ما اكتشفاه إلى أن قرأا عنه في نيويورك تايمز.

بالمناسبة، جرّبنا جميعـاً إزعاج الإشعاع الكوني الخلفي. افتح تلفازك على أي محطـة لا يتلقاها، وسـترى أن 1% من الشّواش الراقص تفسّـره البقايا القديمة مـن الانفجار الكوني. وفي المـرة الآتية التي تشكو فيها من أنـه لا يوجد شيء على الشاشة، تذكّر أنك تستطيع دوماً أن تشاهد ولادة الكون.

بالرغـم من أن الجميع يدعونه بالانفجار الكوني، فإن كثيراً من الكتب تحذّرنا مـن ألا نفكّر به كانفجـار بالمعنى التقليدي. كان توسّعـاً سريعاً مفاجئاً على نطاق هائل. لكن، ما الذي سبّبه؟

هناك آراء تقول: إن هذا الشذوذ الفريد ناجم عن انهيار كون سابق، وإن كوننا هـو مجرد واحـد من دورة أبديـة من أكوان تتوسّـع وتنهار، على غـرار كيس هواء آلـة الأوكسجين. ويعزو آخرون الانفجار الكوني إلى مـا يسمونه بـ(الفراغ المزيّف) أو (المجـال اللاموجّـه) أو (طاقـة فـراغ) وهذه صفـة ما أو شيء، علـى أي حال، أدخـل درجة من عدم الاستقرار في العدم الـذي كان. يبدو مستحيلاً أنك تستطيع الحصـول على شيء ما مـن لا شيء، ولكن حقيقة أنه كان هنـاك مرةً كون ويوجد الآن كون برهان واضح على أنك تستطيع ذلك. من المحتمل أن كوننا هو مجرد جزء مـن أكوان كثـيرة أكبر، بعضها له أبعـاد مختلفة، وأن الانفجـارات الكونية تحدث طوال الوقت في كل أرجاء المكان. أو من المحتمل أن المكان والزمان كان لهما أشكال أخـرى قبـل الانفجار الكوني: أشـكال غريبة جداً بحيث لا نستطيـع تصورها، وأن الانفجار الكوني يمثل طور تحوّل من نوع ما، حيث انتقل الكون من شكل لا نستطيع فهمه إلى شكل نستطيع فهمه تقريباً. وقد قال الدكتور أندريه لند Andrei Linde – العالم بالكوزمولوجيا في ستانفورد – لصحيفة نيويورك تايمز في 2001: «إن هذه المسائل قريبة جداً إلى المسائل الدينية».

إن نظريــة الانفجــار الكوني ليست عــن الانفجار نفسه، وإنمــا عمّا حدث بعــد الانفجــار. ولكــن ليس بعده بوقــت طويل. فمن خــلال القيــام بكثيرٍ من الرياضيــات والمراقبــة الدقيقــة لمــا يجــري في مسرّعات الجسيمــات، اعتقد العلمــاء أنهم يستطيعون أن يركزوا أفكارهــم على 10 ثوانٍ بعد لحظة الخلق، حــين كان الكون ما يزال صغــيراً، بحيث إنّك ستكون بحاجة إلى المجهر للعثور عليــه. يجب ألا يثيرنــا أي شيء فائق للعادة نراه، ولكن ربما كان الأمر يستحق أن نتمسك بواحد بين وقت وآخر فقط؛ كي يتم تذكيرنا بضخامته غير القابلة للفهــم والمذهلة. وهكذا فإن رقم 10 هــو 0,000000000000000000000000 000000000000000001 أو جــزء مــن واحد من عشرة ملايــين ترليون ترليون ترليون من الثانية(*).

يعــود الفضــل في معظم ما نعرفــه، أو نعتقد أننــا نعرفه، عن اللحظــات الأولى من الكــون، إلــى فكرة تُدعى نظريــة التضخم كان أول من طرحهــا في سنة 1979 هو عالم فيزيــاء جسيمــات شاب كان آنــذاك في ستنافورد، وهــو الآن في الإم آي تي، يُدعى آلن جــوث. كان عمره اثنين وثلاثين عاماً، وكمــا أقرّ، لم يفعل كثيراً أبداً من قبل. وكان من المرجّح ألا يصل إلى نظريته العظيمة لو لم يحضر محاضرة عن الانفجار الكوني ألقاها روبرت ديكي. ألهمت المحاضرة جوث كي يهتم بالكزمولوجيا، وخاصة ولادة الكون.

(*) ملاحظــة عــن الترميز العلمي: بمــا أن الأعداد الضخمــة مرهقة للكتابة ومــن المستحيل قراءتها تقريبــاً، يستخدم العلماء قــوى اختزال متضمنة (أو مضاعفات) لرقــم 10 فيه، على سبيل المثال، 10,000,000,000 يكتــب 10^{10} ويصبح رقــم 6,500,000: 6,5 × 106. ويستند المبدأ بنحو بسيط جداً إلــى مضاعفات رقــم 10: 10 × 10 (أو 100) تصبــح 102؛ 10 × 10 × 10 أو (1000) هي 103؛ وإلــى ما هنالك، بنحــو واضح وبلا نهاية. إن العدد الصغير المرفــوع يشير إلى عدد الأصفار التــي تتبع العــدد الرئيس الأكبر. وتقدم الترميــزات السلبية جوهرياً صورة مــرآة، بالرقم المرفوع يشير إلى عدد الفراغات التي إلى يمين النقطة العشرية (هكذا 104 تعني 0.0001). وبالرغم من أننــي أثنــي على المبدأ يدهشني أن أي شخص يرى 1.4 × 109 km3 سيرى في الحال أن هذا يشير إلــى 1.4 بليــون كيلومتر مكعّب، وليس أقل عجباً أنه سيختارون السابق بدلاً من اللاحق في الطباعة (خاصــة في كتاب مصمّم للقارئ العام، حيث عثر علــى المثال). ومفترضاً أن كثيراً من القراء هم غير مختصين بالرياضيات مثلي، نادراً ما سأستخدم الترميز، برغم أنه لا يمكن تجنبه أحياناً. في فصل يتناول أموراً كونية.

كانت النتيجة النهائية هي نظرية التضخّم، التي تقول: إنه في جزء من لحظة بعد فجر الخلق، خضع الكون لتوسّع درامي مفاجئ. لقد تضخّم بالنتيجة، مضاعفاً حجمه في كل 10^{-34} ثانية، ربما لم تستمر الحادثة كلها أكثر من 10^{-30} ثانية جزء من مليون مليون مليون مليون من الثانية ولكنها حوّلتْ الكون من شيء تستطيع أن تمسكه بيديك إلى شيء هو على الأقل أكبر بـ 10,000,000,000,00 0,000,000,000,000 مرة. وتشرح نظرية التضخّم التموّجات والدوّامات التي جعلت الكون ممكناً. فمن دون التضخّم لن يكون هناك تكتّلات من المادّة وهكذا لن يكون هناك نجوم، وإنما غاز مندفع وظلمة أبدية فحسب.

تقول نظرية جوث: إنه في جزء من عشرة ملايين ترليون ترليون ترليون من الثانية، ظهرت الجاذبية. وبعد فاصل موجز غريب مضحك انضمت إليها الكهرطيسية والقوى الذرية القوية والضعيفة: مادة الفيزياء. وقد انضمت إلى هذه بعد لحظة حشود من الجسيمات البسيطة: مادة المادة. ومن العدم، ظهرت فجأة حشود من الفوتونات، والإلكترونات، والنترونات وأشياء أخرى كثيرة بين 10^{79} و10^{89} من كل منها، بحسب نظرية الانفجار الكوني العادية.

لا يمكن استيعاب كميات كهذه بالطبع. ويكفي أن نعرف أنه في لحظة انفجار واحدة عظيمة وُهبنا كوناً رحباً يبلغ عرضه مئة مليون سنة ضوئية على الأقل؛ بحسب النظرية، ولكن من الممكن أن يكون الحجم لا متناهياً ومهيئاً بنحو تام لخلق النجوم، والمجرات وأنظمة أخرى معقّدة.

ما هو فائق للعادة من وجهة نظرنا هو كيف أن الأمور سارت بنحو جيد بالنسبة لنا. فلو أنّ الكون تشكل على نحو مختلف ولو بشكل ضئيل، لو كانت الجاذبية أقوى أو أضعف بنحو ضئيل، لو أنّ التوسّع سبق قليلاً ببطء أكبر أو أسرع لما كان هناك إذاً عناصر مستقرة لصناعتك وصناعتي ولصناعة الأرض التي نقف عليها. فلو كانت الجاذبية أقوى بنحو ضئيل، لكان من الممكن أن ينهار الكون كخيمة مشيدة

بنحـو سيئ من دون القيـم الصحيحة بدقـة؛ لمنحها الأبعـاد الضرورية والكثافة وأجزاء مكوّنة. ولو كانت أضعف لما التأم أيّ شيء. لكان بقي الكون إلى الأبد فراغاً بليداً ومبعثراً.

وهـذا أحد الأسباب التي جعلت الخبراء يعتقدون أن من المحتمل أن انفجارات كونيّـة أخـرى حدثت - ربما تريليونـات وتريليونات منها - وانتشـرت عبر الفسحة الكبـيرة للأبديـة، وأن سبـب وجودنا في هذا الكـون المحدّد هو أن هـذا هو الكون الـذي استطعنـا أن نوجـد فيه. وكما عـبّر مرة عن الأمـر إدوارد بـي. تريون من جامعـة كولومبيا: «إجابة عن سؤال لماذا حدث، أقدم الاقتراح المتواضع بأن كوننا هـو مجرد أحد تلك الأشياء التي تحدث بـين وقت وآخر». ويضيف جوث إلى هذا: «بالرغم من أنّ خلقَ كونٍ يمكن أن يكون غير محبّذ، شدّد تريون Tryon أنه ما من أحد أحصى المحاولات االخائبة».

يعتقـد مارتن ريـس عالم الفلك وعضو الجمعية الملكيـة في بريطانية أن هنـاك أكواناً كثيرة، في مركّبات مختلفة، ومن الممكن أن هنـاك عدداً لا نهائياً منها، وكل منها بمواصفات مختلفة، وأننا فقط نعيش في كون يمزج الأشياء بطريقة تسمح لنا بالوجود. يشبّه الأمر بمخزن ملابس ضخم جداً: «إذا كان هنـاك مخزون كبير من الألبسة لن يفاجئك العثور على بِذّلة تناسبك. وإذا كانت هناك أكوان كثيرة، وكلٌّ تحكمـه مجموعة مختلفة من الأرقام، فسيكون هنـاك واحد حيث توجد مجموعة من الأرقام الملائمة للحياة. ونحن في هذا الواحد».

يؤكد ريس أن ستة أرقام تحكم كوننا، وأنه إذا غُيِّرت أي من هذه القيم الأشياء حتى بشكل ضئيل فإن الأمور لا يمكن أن تبقى كما هي. على سبيل المثال: من أجل أن يوجـد الكون كما هو الآن يقتضي أن يتحوّل الهيدروجين إلى هليوم بطريقة دقيقة، ولكـن ضخمة نسبياً بطريقة تحـوّل سبعة آلاف جزء من كتلتـه إلى طاقة. اخفض هذه القيمة قليلاً من 0.07 إلى 0.06%، مثلاً فلن يحدث تحوّل: سيتألّف الكون من هيدروجـين فقط. ارفع القيمة بنحو ضئيل إلـى 0.08 وستكون العلاقة قوية بحيث

يكـون الهيدروجين قد استنفـد منذ وقت طويل. في كلتا الحالتـين، إذا حدث أدنى تعديل للأرقام فإن الكون كما نعرفه ونحتاج إليه أن يكون، لن يكون هنا.

ينبغـي أن أقـول: إن كل شيء صحيح حتّى الآن. وعلى المـدى الطويل، يمكن أن يتكشّـف أن الجاذبية أقوى بقليل؛ فيوماً مـا يمكن أن توقف الجاذبية توسّع الكون، وتدفعه إلى الانهيار على نفسه، ويتحول إلى نقطة مفردة أخرى، ربما لبدء العملية كلهـا مـن جديد. من ناحية أخـرى، إذا كانـت الجاذبية ضعيفة جـداً، فسيواصل الكـون الاندفـاع بعيداً إلى الأبد إلـى أن يصبح كل شيء منفصـلاً، بحيث لا تكون هناك فرصة للتفاعلات المادّية، ويصبح الكون مكاناً واسعاً جداً، لكنه بليد وميت. أمـا الخيار الثالث فهـو أن الجاذبية متناغمة بنحو كامـل (الكثافة الحرجة)، هو المصطلـح الـذي يستخدمه علماء الكوزمولوجيـا للتعبير عن ذلـك، وأنها ستجعل الكـون متماسـكاً تماماً في الأبعـاد الصحيحة كي تسمح للأشياء بـأن تتواصل إلى مـا لا نهاية. ويدعو علماء الكوزمولوجيا هـذا أحياناً - في لحظات مرحهم - تأثير جولديلوكس (Goldilocks effect)، أي أن كل شيء صحيح. (تُعرف هذه الأكوان الثلاثة المحتملة في السجل على التعاقب بأنها مغلقة، ومفتوحة ومسطّحة).

إن المسألـة التي خطـرت لنا جميعاً في نقطة ما: ما الـذي سيحدث لو سافرت إلى حافّة الكون ونظرت عبر الستائر؟ أين سيكون رأسك إذا لم يعد في الكون؟ ما الـذي ستجد في المـاوراء؟ إن الإجابة - بنحو مخيّب للأمـل - هي أنك لا تستطيع أن تصـل إلى حافّة الكون أبداً. ليس لأن الوصول إلى هناك سيستغرق وقتاً طويلاً بالرغـم من أنه بالطبـع سيستغرق، ولكن لأنه حتى لو سافرت إلى الخارج في خط مباشر بلا نهاية وثابت، فإنك لن تصل أبداً إلى حدّ خارجي. بدلاً من ذلك، ستعود إلى النقطة التي بدأت منها (من المفترض أنك ستفقد الشجاعة لمواصلة التمرين وتتوقـف عنـد هذه النقطـة). إن السبب في ذلك هو أن الكـون ينحني، بطريقة لا نستطيـع تصوّرهـا بنحو صحيح، كما تفيـد نظرية النسبية لـدى أينشتاين (التي سنصل إليها في الوقت المناسب). الآن يكفي أن نعرف أننا لسنا هائمين في فقاعة مـا ضخمـة تتوسّع باستمـرار. إن الفضاء ينحني بطريقة تسمح لـه بأن يكون بلا

حدود ومتناهياً. لا يمكن أن يُقال: إن الفضاء يتوسّع لأنه كما يقول عالم الفيزياء الحاصل على جائزة نوبل ستيفن واينبرغ: «إن الأنظمة الشمسية والمجرّات لا تتوسّع، والفضاء نفسه لا يتوسّع». إن المجرات تندفع منفصلةً. إن الكل هو شيء يتحدّى الحدس. أو، كما قال عالم البيولوجيا جي. بي. إس. هالدن: «ليس الكون أكثر غرابة مما نفترض فحسب؛ إنه أكثر غرابة مما نستطيع أن نفترض».

إن المثال الذي يُقدّم عادة لشرح انحناء الفضاء هو محاولة تخيّل أحد ما من كون من الأسطح المنبسطة، لم يرَ أبداً كرة صارت أرضاً. مهما تجول على سطح الكوكب فلن يعثر أبداً على الحافّة. يمكن أن يعود في النهاية إلى النقطة التي بدأ منها، وسيُذهل بنحو كامل، بحيث لا يستطيع شرح كيف حدث هذا. حسناً، نحن في الموقع نفسه في الفضاء على غرار زميلنا المرتبك على الأرض المسطّحة، نحن مذهولون من بُعدٍ أعلى فحسب.

وكما أنه ليس هناك مكان تستطيع العثور فيه على حافة الكون، ليس هناك أيضاً مكان تستطيع أن تقف فيه في المركز وتقول: «هنا بدأ كل شيء. هذه هي النقطة المركزية لكل شيء. نحن جميعاً في مركز كل شيء. وبالفعل، لا نعرف هذا بالتأكيد. لا نستطيع إثباته رياضياً. ويفترض العلماء فقط أننا لا يمكن أن نكون مركز الكون فكّروا ما الذي سينطوي عليه هذا، ولكن الظاهرة ينبغي أن تكون نفسها لجميع الراصدين في جميع الأمكنة.

يتوسّع الكون بالنسبة لنا بقدر ما سافر الضوء طيلة بلايين الأعوام منذ أن شُكّل الكون فحسب. إن هذا الكون المرئي الكون الذي نعرفه ونستطيع التحدث عنه هو بعرض مليون مليون مليون مليون ميل. ولكن - وكما تقول معظم النظريات - إن الكون الكبير الميتاكون، كما يدعى أحياناً ما يزال هائل الاتساع. وبحسب ريس، إن عدد السنوات الضوئية إلى حافة هذا الكون اللامرئي الأكبر لا يُكتب بعشرة أصفار، ولا بمئة وإنما بملايين الأصفار». باختصار، هناك المزيد من الفضاء أكثر مما بوسعك التخيّل قبل تحمّل عبء القيام بتصور ما وراء إضافي.

كان هناك خلل استمر طويلاً في نظرية الانفجار الكوني أزعج كثيراً من الناس، وهو أنها لم تستطع شرح كيف وصلنا إلى هنا. فبالرغم من أن الانفجار الكوني أنشأ 98% من المادة التي توجد، فإن تلك المادة تألّفت حصرياً من غازات خفيفة: الهليوم، والهيدروجين والليثيوم التي ذكرناها سابقاً. لم يظهر أي جسيم من المادة الثقيلة الحيوية لوجودنا الكربون والنتروجين والأوكسجين وكل ما تبقى من الشراب الغازيّ للخلق. ولكن وهنا النقطة المزعجة من أجل توليد هذه العناصر الثقيلة تحتاج إلى نوع الحرارة والطاقة الناجمين عن انفجار كوني. مع ذلك حدث انفجار كوني واحد ولم ينتجها. وهكذا من أين أتت إذاً؟ من اللافت أن الرجل الذي عثر على إجابة السؤال، كان عالم كوزمولوجيا احتقر الانفجار الكوني بوصفها نظرية، ونحت مصطلح الانفجار الكوني بوصفها طريقة للسخرية منه.

سنصل إليه بعد قليل، ولكن قبل ذلك سنعود إلى سؤال كيف وصلنا إلى هنا، ربما يستحق الأمر بضع دقائق للتفكير بماذا يعنيه بالضبط (هنا).



الفصل الثاني

أهلاً بكم في المنظومة الشمسية

يستطيع علماء الفلك في هذه الأيام أن يقوموا بالأمور الأكثر دهشة. إذا أشعل أحد عود ثقاب على القمر فإنهم يستطيعون تحديد مكان اللهب. وعبر الخفقان والارتعاش الأصغر للنجوم البعيدة يستطيعون استنتاج حجم وشخصية، وإمكانية السكن على كواكب بعيدة جداً لا يمكن أن تُرى، بل نحتاج إلى نصف مليون عام؛ كي نصل إليها في مركبة فضائية. يمكنهم أن يشاهدوا بتلسكوباتهم المذياعيّة حزم إشعاع باهتة بنحو منافٍ للعقل، بحيث إنّ الكمية الكلية للطاقة التي جمعوها كلّهم من خارج النظام الشمسي منذ أن بدأ الجمع (في سنة 1951) «هي أقل من طاقة ندفة ثلج واحدة تضرب الأرض»، كما عبّر كارل ساغان.

باختصار، ليست هناك أشياء كثيرة تحدث في الكون لا يستطيع علماء الفلك العثور عليها حين يفكرون فيها. لهذا السبب من اللافت التفكير أنه حتى عام 1978 لم يلاحظ أحد أن لبلوتو قمراً. ففي صيف ذلك العام، كان هناك عالم فلك شاب يُدعى جيمس كريستني - في مرصد لويل في فلاجستاف أريزونا - يقوم بفحص روتيني لصور فوتوغرافية لبلوتو، فشاهد أن هناك شيئاً ما؛ شيئاً باهتاً وغير واضح ولكن من المؤكد أنه شيء آخر غير بلوتو. وحين استشار زميلاً يُدعى روبرت هارنغتون استنتج أن ما كان ينظر إليه هو قمر. كان هذا القمر القريب من الكوكب أكبر قمر في المنظومة الشمسية. كان يشكل شيئاً كالضربة لوضع بلوتو بوصفه كوكباً، الذي لم يكن أبداً وطيداً على أي حال. وبما أنه اعتُقد في السابق أن المكان الذي يحتله القمر والمكان الذي يحتلّه بلوتو هما المكان نفسه، كان هذا يعني أن بلوتو أصغر بكثير مما افترض الجميع: أصغر حتى من عُطارد. والواقع أن هناك سبعة أقمار في المنظومة الشمسية، بما فيه قمرنا، هي أكبر.

الآن، إن السؤال الطبيعي الذي يجب أن يُطرح هو: لماذا استغرق الأمر وقتاً طويلاً بالنسبة للجميع للعثور على قمر في منظومتنا الشمسية؟ والإجابة إن هذه مسألة تتعلق جزئياً بالمكان الذي يوجّه إليه علماء الفلك أدواتهم، وبالمادة التي تُصنع منها هذه الأدوات الراصدة، وبأن هذا الكوكب هو بلوتو فحسب. والسبب الأكبر هو الجهة التي يوجهون إليها أدواتهم. وكما عبّر عالم الفلك كلارك تشامبان: «يعتقد معظم الناس أن علماء الفلك يخرجون في الليل إلى المراصد، ويفحصون السماوات. هذا ليس صحيحاً. إن جميع التلسكوبات في العالم تقريباً مصمّمة للتحديق في قطع صغيرة جداً من سماء بعيدة لرؤية نجم زائف أو فحص الثقوب السوداء أو للنظر إلى مجرّة بعيدة. إن شبكة التلسكوبات الوحيدة الحقيقيّة التي تفحص السماء صمّمها وأنشأها الجيش».

أفسدتنا تأويلات الفنانين، بحيث دفعتنا إلى تخيّل وضوح لأبعاد الصورة غير موجود في علم الفلك الحقيقي. فبلوتو في صورة كريستي باهت ومشوّش قطعة من الضوء الكوني، وقمره ليس الجرم السماوي المصور بنحو واضح والمضاء من الخلف رومانسياً الذي ستراه منشوراً في في مجلة ناشنال جيوغرافيك، وإنما لمحة صغيرة غير واضحة من التشوش الإضافي. هكذا كان التشوش - في الحقيقة - بحيث استغرق الأمر مع العلماء سبع سنوات لتحديد مكان القمر ثانيةً، وهكذا كي يؤكدوا بنحو مستقل وجوده.

كانت إحدى اللمسات الجميلة في اكتشاف كريستي هي أنه حدث في فلاجستاف، فهناك اكتُشف بلوتو في عام 1930 في البداية. ويعود الفضل في هذا الحدث العظيم في علم الفلك إلى عظمة عالم الفلك برسيفال لويل. وهب لويل، الذي جاء من إحدى أعرق وأغنى العائلات في بوسطن العائلة المذكورة في الأنشودة المشهورة عن بوسطن التي هي موطن الفاصولياء وسمك القدّ، حيث كان آل لويل يتحدثون فقط مع آل كابوت المتعصبين دينياً وكانوا مثلهم المرصد الشهير الذي يحمل اسمه، ولكنه يُذكر بشكل دائم من أجل اعتقاده بأن المرّيخ مليء بقنوات شقّها سكانه

المجتهـدون، من أجل نقل الماء من المناطـق القطبية إلى الأراضي الجافة والمنتجة، الأقرب إلى خط الاستواء.

كان اعتقـاد لويـل الراسخ الآخـر أنه كان يوجد في مكان مـا وراء نبتون، كوكب تاسـع غير مكتشف، أطلق عليه اسـم الكوكب إكس. واستند لويـل في اعتقاده هذا إلـى الحالات الشـاذة التي رصدها في مداري أورانوس ونبتـون، وخصّص الأعوام الأخيرة من حياته لمحاولة العثور على العملاق الغازي الذي كان متأكداً من وجوده هنـاك. ولسوء الحظ، وافته المنية فجأة في عام 1916، بعد أن استنفده بحثه. عُلِّق البحـث بينمـا كان ورثة لويل يتنازعون على أملاكه. علـى أي حال، في عام 1929، وفي محاولة لصرف الانتباه بعيداً عن حكاية قناة المريخ (التي صارت الآن إحراجاً جدياً) قرر مديرو مرصد لويل استئناف البحث، ووظّفوا من أجل هذه الغاية شاباً من كانساس يُدعى كلايد تومبو.

لم يتلـقَّ تومبو تدريباً رسمياً بوصفـه عالم فلك، ولكنه كان مجتهداً وذكياً، وبعد بحـث صبور استغرق عاماً اكتشـف نوعاً ما موقع بلوتـو، وكان نقطة ضوء باهتة في سمـاء متألّقـة. كان اكتشافاً إعجازياً، وما جعله أكـثر دهشة هو أن عمليات الرصد التـي تنبأ علـى أساسها لويل بوجود كوكـب وراء نبتون برهنت أنهـا غير صحيحة. استطـاع تومبـو أن يـرى في الحال أن الكوكـب الجديد لم يكن شيئاً مثـل كرة الغاز الضخمـة، التـي سلّم بهـا لويل ولكـنّ تحفظاته أو تحفظـات أي شخـص آخر عن شخصية الكوكب الجديد رُميت جانباً في الحال؛ بسبب الاهتياج الذي يرافق تقريباً أي قصـة تُحـدث دويّاً إعلامياً في تلك السن التي تُثـار بسهولة. كان هذا أول كوكب اكتشفـه الأميريكيون، ولن تضلـل أي شخص فكرة أنـه كان في الواقع مجرد نقطة جليديـة بعيدة. دُعي بلوتو، على الأقل جزئيـاً؛ لأن الحرفين الأولين يشكلان علامة ترمز إلى الحرفين الأولين من اسمه واسم أسرته. ولقد أُشيد بلويل بعد وفاته في كل مكان بوصفه عبقريّاً من المرتبة الأولى، ونُسي تومبو بنحو كبير إلا بين علماء الفلك المختصين بالكواكب، الذين يميلون إلى توقيره.

يواصــل بعض علماء الفلك الاعتقاد بأنه يمكــن أن يكون هنـاك كوكب إكس في الفضاء الخارجي، شيء ضخم حقيقي، ربما أكبر بعشر مرات من حجم المشتري، ولكنــه بعيد، بحيث لا يمكن أن يتبدّى لنا. (سيتلقى قليل من ضوء الشمس، بحيث لــن يكون كافياً كــي يعكسه). والفكرة هي أنــه لن يكون كوكبــاً تقليدياً على غرار المشــتري أو زُحــل إنه بعيد جــداً بحيث لا يمكــن أن يكون مثلهمــا؛ فنحن نتحدث ربمــا عــن 4,5 ترليون ميل، وإنمــا سيبدو أكثر كشمس لم تصنعــه أبداً. إن معظم المنظومــات النجميــة في الكون ثنائيــة (مضاعفـة النجوم)، ممـا يجعــل شمسنا المنعزلة شيئاً شاذاً وغريباً.

لا أحــد يعرف بنحو مؤكد حجم بلوتو أو مــن ماذا صُنع، وأي سماء له، أو حتى ما هو في الواقع. ويعتقد كثير من علماء الفلك أنه ليس كوكباً على الإطلاق، وإنما فقط الشيء الأكبر الذي عُثر عليه حتى الآن في منطقة حطام مجرّي تُعرف باسم حــزام كويــبر Kuiper belt. وقــد ذكر حزام كويــبر في نظرية عــالم فلك يُدعى ف.ســي. ليونــارد في 1930، ولكن الاســم أُطلق على شرف جــيرارد كويبر – وهو هولندي يعمل في أمريكة – الذي وسّع الفكرة. إن حزام كويبر هو مصدر ما يُعرف بالنيــازك العابــرة تلك التي تسقط بانتظــام التي كان مذنّب هــالي الأكثر شهرة بينهــا. أما النيازك طويلة الأمد والأكــثر عزلة (التي من بينها الزائران الأخيران هيل بوب وهياكوتاكي) فتأتي من سحابة أورت Oort الأكثر بعداً، التي سنستفيض في الحديث عنها حالاً.

مــن المؤكد أن بلوتو لا يعمل كثيراً كالكواكب الأخــرى. فهو ليس قزماً وغامضاً فحســب، وإنما متنوّع في حركاتــه أيضاً، بحيث لا أحد يستطيــع أن يقول لك: أين سيكــون بلوتو بعد قرن من الآن. وبينما تــدور الكواكب الأخرى على المستوى نفسه تقريبــاً، فإن ممرّ بلوتو المداري يميل (كما يحدث) خارج الصف في زاوية من 17 درجــة، كحافة قبّعة مائلة على نحو خليع على رأس أحدهم. إن مداره شاذٌ، بحيث إنّــه يكــون لأوقات طويلة في كل مــن دوراته الوحيدة حول الشمــس أقرب إلينا من

نبتون. وفي معظم الثمانينيات والتسعينيات، كان نبتون في الحقيقة الكوكب الذي قُذف إلى أبعد. ولم يعد بلوتو إلى المجاز الخارجي إلا في 11 شباط 1999، كي يبقى هناك طيلة الأعوام المئتين والثمانية والعشرين الآتية.

وهكذا إذا كان بلوتو كوكباً، فهو بالتأكيد كوكب غريب. إنه صغير جداً: لا يشكل إلا ربعاً من 1% من حجم الأرض. فإذا ما وضعته فوق الولايات المتحدة فإنه لن يغطي نصف الولايات الثماني والأربعين السفلى. وهذا وحده يجعله شاذاً بنحو كبير؛ مما يعني أن نظامنا الكوكبي يتألف من أربعة كواكب داخلية صخرية، وأربعة كواكب خارجية غازية عملاقة، وكرة جليدية صغيرة منعزلة. فضلاً عن ذلك، هناك جميع الأسباب التي تدعو لافتراض أننا يمكن أن نبدأ حالاً بالعثور على سماوات أخرى جليدية أكبر في القسم نفسه من السماء. وعندها سنواجه المشكلات. فبعد أن حدّد كريستي مكان قمر بلوتو، بدأ علماء الفلك ينظرون إلى هذا الجزء من الكون بانتباه أكبر، وفي أوائل كانون الأول 2002 اكتشفوا أكثر من ست مئة من الأشياء العابرة لنبتون أو بلوتينوس كما دُعيت باستمرار. إن أحد هذه الأشياء التي دُعيت فارونا هي بحجم قمر نبتون تقريباً. ويعتقد علماء الفلك الآن أنه يمكن أن يكون هناك بلايين من هذه الأشياء. وتَمثُّل الصعوبة في أن كثيراً منها مظلمة بنحو مخيف. ولها ألبيد (نصوع) أو انعكاس، ويشبه 4% منها فحسب قطعة من الفحم، وتبعد قطع الفحم هذه أكثر من ستة بلايين عام.

كم هذا بعيد بالضبط؟ إنه تقريباً وراء التصوّر. فالفضاء - كما تعلمون - ضخم جداً. إنه ضخم جداً فحسب. لنتخيّل - لأهداف تثقيفية أو من أجل التسلية - أننا على وشك الذهاب في رحلة في مركبة صاروخية. لن نذهب بعيداً جداً، وإنما إلى حافة منظومتنا الشمسية فحسب. ولكننا يجب أن ننتبه إلى أن الفضاء مكان كبير، ونحن لا نشغلُ منه إلا جزءاً صغيراً.

والآن إليكم الأنباء السيئة، أنا خائف من أننا لن نصل إلى المنزل من أجل العشاء. حتى ولو انطلقنا بسرعة الضوء (300,000 كيلومتر في الثانية) سيستغرق

الأمر سبع ساعات للوصول إلى بلوتو. ولكننا لا نستطيع أن نسافر في أي شيء بهذه السرعة. علينا أن ننطلق بسرعة المركبة الفضائية، وهذه المراكب أكثر بطئاً. إن أفضل السرعات التي توصّل إليها حتّى الآن أي اختراع بشري هي سرعة المركبتين الفضائيتين فويجر 1و2، اللتين تطيران الآن بسرعة 56,000 كيلومتر في الساعة.

كان سبب إطلاق مركبة فويجر في آب وأيلول 1977 هو أن المشترى وزحل وأورانوس ونبتون، كانوا متراصفين بطريقة لا تحدث إلا مرة واحدة كل 175 سنة. وقد مكّن هذا مركبتي فويجر من استخدام تقنية (مساعدة جاذبية) قُذفتْ بواسطتها المركبة بنجاح من كوكب غازي عملاق، إلى الذي يليه في نوع من النسخة الكونية عن التلويح بالسوط. وحتى هكذا، استغرق الوصول إلى أورانوس تسع سنوات واستغرق عبور مدار بلوتو اثنتي عشرة سنة. وكانت الأنباء الطيبة هي أننا إذا انتظرنا حتى كانون الثاني 2006 (الموعد الذي حُدد مؤقتاً لإطلاق مركبة ناسا الفضائية نيو هورايزونز إلى بلوتو) نستطيع الاستفادة من موقع أفضل للمشترى، ومن بعض التقدم في التكنولوجيا، كي نصل إلى هناك فيما يقارب عقداً، على الرغم من أن العودة إلى الوطن ثانية ستستغرق وقتاً أطول. أنا خائف. في كل الأحوال، ستكون رحلة طويلة.

إن الشيء الأول الذي من المرجّح أن تدركه الآن هو أن الفضاء سُمّي بشكل جيد جداً وهو هادئ بنحو مخيف. إن منظومتنا الشمسية يمكن أن تكون الشيء الأكثر حياة على بعد تريليونات من الأميال، ولكن كل المادة المرئية فيها بما فيه الشمس، والكواكب وأقمارها والصخور البليون المتشقلبة لحزام الكويكبات، والنيازك أو أنواع الحطام الأخرى المندفعة لا تملأ إلا أقل من جزء من واحد تريليون من الفضاء المتاح. ستدركون بسرعة أيضاً أن لا خريطة من الخرائط التي سبق ورأيتموها للمنظومة الشمسية تعبّر عن الحقيقة. فمعظم الخرائط المدرسية تُظهر الكواكب تتعاقب واحداً بعد الآخر في أوقات منفصلة متجاورة، إن الكواكب العملاقة الخارجية تلقي بالفعل ظلالاً فوق بعضها بعضاً في كثير من الرسوم،

لكن هذه خدعة ضرورية لوضعها كلّها على قطعة الورق نفسها. فنبتون في الواقع ليس وراء المشترى، إنما يقع بعيداً في مكان ما وراءه وهو أبعد بخمس مرات عن المشترى من بعد المشترى عنا، وهكذا فهو بعيد في الخارج بحيث إنّه لا يتلقى من ضوء الشمس إلا 3% بقدر ما يتلقى المشتري.

هكذا هي المسافات في الواقع، بحيث إنّه من المستحيل - بأي معنى عملي - رسم المنظومة الشمسية بحسب مقياس. فحتى لو أضفت كثيراً من الصفحات المطوية لمقرراتك المدرسية، أو استخدمت ورقة طويلة من ورق الملصقات، فإنك لن تقترب من رسم دقيق. وفي رسم بياني للمنظومة الشمسية بحسب مقياس مدرّج - يختزل الأرض إلى قطر حبة بازلاّء تقريباً - سيكون المشترى على بعد 300 متر، وسيكون بلوتو على بعد كيلومترين ونصف (وبحجم بكتيريا، بحيث لن تكون قادراً على رؤيته بأي حال). وعلى المقياس نفسه، فإن قنطورس القريب (proxima centauri) نجمنا الأقرب، سيكون على بعد ستة عشر ألف كيلومتر. حتى لو قلّصت كل شيء بحيث إنّ المشترى يصغر كالنقطة، التي في نهاية هذه الجملة - ولا يكون بلوتو أكبر من جزيء - فإن بلوتو سيظل على بعد عشرة أمتار.

إن المنظومة الشمسية هي حقاً ضخمة جداً. ففي الوقت الذي نصل فيه إلى بلوتو، فإننا نكون قد قطعنا مسافة طويلةً، بحيث إنّ الشمس شمسنا العزيزة الدافئة الملوّحة للجلد والمانحة للحياة تتقلّص إلى حجم رأس دبّوس. إنها أصغر من نجم مشع. وفي فراغ وحيد كهذا تستطيعون البدء بفهم كيف أن الأشياء الأكثر أهمية من قمر بلوتو، على سبيل المثال غابت عن الانتباه. في هذا الصدد، بالكاد كان بلوتو وحيداً. فقد اعتُقد أن لنبتون قمرين إلى أن بدأت رحلات فويجر التي عثرت على ستة أقمار أخرى. حين كنت فتى، كان يُعتقد أن المنظومة الشمسية تحتوي على ثلاثين قمراً. أما العدد الكلي الآن فهو تقريباً تسعون، اكتُشف ثلثها تقريباً في السنوات العشر الماضية. والنقطة التي يجب أن نتذكرها طبعاً حين نفكّر بالكون عامةً هي أننا لا نعرف في الواقع ما هو موجود في منظومتنا الشمسية.

إن الشـيء الآخر الذي ستلاحظونه الآن ونحن نسـرع عبر بلوتو هو أننا نسرع عـبر بلوتـو. إذا فحصتم خـط رحلتكـم، فستلاحظـون أن هذه رحلـة إلى حافة منظومتنـا الشمسيـة، وأخشى أننا لم نصل إلى هناك بعـد. وفي الواقع، لا تقترب الرحلـة من الانتهـاء هناك. لن نصل إلى حافة المنظومة الشمسية إلا بعد أن نعبر سحابـة أورت Oort، التـي هي مملكة سماوية شاسعة مـن النيازك المندفعة، ولن نصـل إلـى سحابة أورت لمـدة، أنا آسف حيال هـذا عشرة آلاف عـام، بعيداً عن تحديـد حافة المنظومة الشمسية الخارجية - كما تتضمن تلك الخرائط المدرسية بعجرفة - فإن بلوتو يبعد بصراحة نحو 51 كيلومتراً عن الطريق.

ليسـ لدينا احتمـال للقيام برحلة كهـذه بالطبع. إن رحلـة 386,000 كيلومتر إلـى القمـر لا تزال تُعدّ مهمة صعبة جـداً علينا. إن رحلة بشريـة إلى المريخ، دعا إليها الرئيس بوش الأب في لحظة من الطيش العابر، تم التخلي عنها بصمت حين استنتج أحدهم أنها ستكلّف 450 بليون دولار، وستنتهي على الأرجح بموت الطاقم كلـه (ذلك أن الـ(DNA) الخاص بهم سيتمزق إلى أشـلاء من قبل الجسيمات الشمسية ذات الطاقة العالية، التي لا يمكن أن يتدرّعوا ضدها).

وعلـى أساس ما نعرفه الآن ومـا نستطيع أن نتخيله بنحـو عقلاني ليس هناك مطلقـاً احتمـال، بـأن أي كائن بشـري يستطيـع أن يسافـر إلى حافـة منظومتنا الشمسيـة أبـداً. إنها بعيدة جداً. ولا نستطيع حتى بتلسكوب هبل أن نرى ما بداخل سحابـة أورت، وهكـذا لا نستطيع أن نعرف بالفعل أنها هنـاك. إن وجودها مرجّح ولكنه فرضي بنحو كامل(*).

إن كلّ مـا يمكـن أن يُقال عن سحابة أورت بثقة، هي أنها تبدأ في مكان ما وراء (بلوتـو)، وتمتد نحـو سنتين ضوئيتين في الكـون. إن وحدة القيـاس الأساسية في

(*) تدعـى بنحـو ملائم سحابة أوبيك - أورت، وقد سُميت على اسـم عالم الفلك الأستوني إرنست أوبك، الذي افترض وجودها في 1932، وعلى اسم عالم الفلك الهولندي جان أورت، الذي صقل الحسابات بعد ثماني عشرة سنة فيما بعد.

المنظومة الشمسية هي الوحدة الفلكية، التي تمثّل المسافة من الشمس إلى الأرض. إن بلوتو على بعد نحو 40 وحدة فلكية منا، ويبعد قلب سحابة أورت نحو خمسين ألف وحدة فلكية. باختصار، إنها بعيدة.

لنتظاهر ثانية أننا وصلنا إلى سحابة أورت. إن الشيء الأول الذي يمكن أن نلاحظه هو كم الجو هادئ هناك. نحن نبعد مسافة طويلة عن أي مكان الآن؛ نبعد كثيراً عن شمسنا بحيث إنّها لا تبدو النجم الأكثر تألقاً في السماء. وإنها لفكرة مهمة أنّ هذا الوميض الصغير البعيد يمتلك ما يكفي من الجاذبية؛ كي يحفظ كل تلك النيازك في مدار. لكنه ليس عقداً قوياً جداً، وهكذا فإن الشهب تندفع بطريقة مهيبة، لا تتحرك إلا ما يقارب 220 ميلاً في الساعة. وبين وقت وآخر يدفع اضطرابٌ طفيفٌ في الجاذبية أو نجم عابر أحد هذه النيازك الوحيدة خارج مداره الطبيعي. وتارة تُدفع النيازك إلى الفراغ الكوني - ولا تُرى ثانية أبداً - ولكنها تسقط تارة أخرى في مدار طويل حول الشمس. تعبر نحو ثلاثة أو أربعة نيازك من هذه في العام - وتُعرف باسم النيازك طويلة الأمد - داخل المنظومة الشمسية الداخلية. أحياناً يصطدم هؤلاء الزوّار الضالون بشيء صلب، كالأرض. ولهذا خرجنا إلى هنا الآن؛ لأن النيزك الذي جئنا لنراه بدأ لتوّه سقوطاً طويلاً نحو مركز المنظومة الشمسية. إنه متوجّه - من بين جميع الأمكنة - إلى مانسون، آيوا. سيستغرق وقتاً طويلاً للوصول إلى هناك ثلاثة أو أربعة ملايين سنة على الأقل وهكذا سنتركه الآن، ونعود إليه فيما بعد.

هذا هو نظامكم الشمسي. ما الذي يوجد أيضاً هناك في الخارج، وراء المنظومة الشمسية؟ حسناً، لا شيء وأشياء كثيرة جداً، وهذا يعتمد على كيفية نظركم إلى الأمر.

إنه لا شيء على المدى القصير. فالفراغ الأكثر كمالاً الذي سبق وخلقه البشر ليس فارغاً كفراغ الفضاء (البينجمّي(*)). وهناك كثير من هذا الـ(لاشيء) إلى أن تصل إلى القطعة اللاحقة من شيء ما. إن جارنا الأقرب في الكون، قنطورس

(*) الفضاء الواقع بين نجوم الطريق اللبنية أو بين نجوم المجرّات الأخرى. المترجم.

القريب، الذي هو جزء من عنقود النجوم الثلاثة المعروفة باسم الرجل الجبّار، هو على بعد 4,3 ملايين سنة ضوئية، وهذا ضخم بالمصطلحات المجرّية، ولكنه ما يزال أبعد بمئة مليون مرة من رحلة إلى القمر. سيستغرق الوصول إليه بالمركبة الفضائية خمسة وعشرين ألف سنة على الأقل، حتى لو قمت بالرحلة فإنك لن تكون في أي مكان باستثناء مجموعة منعزلة من النجوم وسط لا مكانٍ شاسع. وكي تصل إلى المعلم المهم الآتي، (الشِّعرى اليمانيّة) سيستغرق الأمر 4,6 سنوات ضوئية من السفر. وهكذا سيكون الأمر إذا حاولت شق طريقك بين النجوم عبر الكون. إن الوصول إلى مركز مجرّتنا فحسب سيستغرق وقتاً أطول مما يستغرقه وجودنا بوصفنا كائنات.

دعوني أكرّر: الفضاء شاسعٌ. إن المسافة العادية بين النجوم التي هناك في الأعلى هي أكثر من ثلاثين مليون مليون كيلومتر. وحتى بسرعات تقارب سرعة الضوء، فإن هذه مسافات متحدية بنحو خيالي لأي فرد مسافر. وبالطبع، من الممكن أن تسافر المخلوقات الفضائية بلايين الأميال؛ كي تسلّي نفسها بزراعة المحاصيل في ويلتشير أو تبثّ الذعر في شخص مسكين في شاحنة بيك آب على طريق مهجورة في أريزونا (لا بدّ أن لديهم مراهقين، في النهاية)، ولا يبدو هذا من غير المرجّح.

تقول الإحصاءات: إن احتمال وجود كائنات مفكّرة أخرى هناك في الخارج قائم. فلا أحد يعرف عدد النجوم في الطريق اللّبنية، وتتراوح التقديرات من مئة بليون أو ما يقارب هذا العدد إلى أربع مئة مليون، والطريق اللبنية هي واحدة فحسب من مئة وأربعين بليون أو ما يقارب ذلك من المجرّات، ومعظمها أكبر من طريقنا. استنبط بروفسور في جامعة كورنيل - يُدعى فرانك دريك - في الستينيات بعد أن أثارته أعداد ضخمة كهذه، معادلةً مشهورةً مصمّمةً لحساب فرص الحياة المتقدمة الموجودة في الكون، على أساس سلسلة من الاحتمالات المتناقصة.

فبحسب معادلة دريك قسم عدد النجوم في بقعة منتقاة من الكون على عدد النجوم، التي من المرجّح أن لها منظومات كوكبية تستطيع نظرياً دعم الحياة؛

قسم هذا على العدد الذي به تتقدم الحياة، وقد نشأت، إلى حالة من الذكاء؛ وهكذا دواليك. لدى كل عملية قسمة كهذه، يتقلّص العدد بنحو كبير. مع ذلك حتى بالمعطيات الأكثر محافظة، فإن عدد الحضارات المتقدمة في الطريق اللبنية يصل دوماً إلى الملايين.

يا لها من فكرة ممتعة ومثيرة! يمكن أن نكون واحدة من الحضارات الملايين المتقدمة. ولسوء الحظ - بما أن الفضاء واسع - فإن معدل المسافة بين اثنتين من أي من تلك الحضارات يُقدّر بأنه على الأقل مئتا سنة ضوئية، الأمر الذي هو أكثر من مجرد القول: إن هذا يجعله معقولاً. هذا يعني - كبداية - أنه حتى لو كانت هذه الكائنات تعرف أننا هنا وقادرة نوعاً ما على رؤيتنا بتلسكوباتها، فإنها تراقب الضوء الذي غادر الأرض منذ مئتي عام. وهكذا فإنها لا تراني ولا تراك. إنها تراقب الثورة الفرنسية وتوماس جفرسون وأشخاصاً يرتدون الجوارب الحريرية والشعور المستعارة المبودرة، أشخاصاً لا يعرفون ما هي الذرة، أو الجينة، الذين يصنعون كهرباءهم بحك قضيب من الكهرمان بقطعة من الفراء، ويعتقدون أن هذه خدعة. إن أي رسالة نتلقّاها من أولئك المراقبين من المرجّح أن تبدأ بـ «عزيزي»، وتهنئنا على جمال أحصنتنا وإتقاننا لاستخراج زيت الحيتان. إن مئتي سنة ضوئية مسافة بعيدة خارج متناولنا.

وهكذا حتى إذا لم نكن فعلاً وحيدين، فإننا وحيدون بجميع المعاني العملية. فقد حسب كارل ساغان عدد الكواكب المرجّحة في الكون بأنها نحو عشرة بلايين تريليون: وهذا عدد خارج التصور بشكل كبير. ولكن ما هو خارج التصور بنحو مساوٍ هو كمية الفضاء، التي تتبعثر فيها هذه الكواكب بخفّة. قال ساغان: «لو أُقحمنا في الكون عشوائياً فإن فرص أن نكون على، أو قرب كوكب ستكون أقل من واحد من بليون تريليون تريليون». أي 10^{33}، أو 1 يأتي بعده 33 صفراً».

ربما لهذا السبب كان قرار الاتحاد الفلكي الدولي الرسمي في شباط 1999 بأن (بلوتو) كوكب أنباء جيدة. فالكون كبير ووحيد. نستطيع التماشي مع كل الجيران الذين نحصل عليهم.

الفصل الثالث

كون الموقّر إيفانز

حين تصحو السماء ويتألق ضوء القمر، كان الموقّر روبرت إيفانز - الرجل الهادئ والمبتهج - يجرّ تلسكوباً ضخماً إلى السطح الخلفي المُشمس لمنزله في جبال أسترالية الزرقاء، إلى الغرب من سيدني بنحو 80 كيلومتراً، ويقوم بأمر فائق للعادة. ينظر عميقاً في الماضي ويعثر على نجوم ميتة.

إن النظر إلى الماضي هو الجزء الأهم بالطبع. حدّقوا في سماء الليل وسترون التاريخ والغالب منه: (لا النجوم كما هي الآن وإنما كما كانت حين غادرها ضوؤها). إن كل ما نعرفه، هو أن النجم القطبي -رفيقنا المخلص- يمكن أنه احترق في كانون الثاني الماضي أو في 1854 أو في أي وقت منذ أوائل القرن الرابع عشر، لكن هذه الأنباء لم تصل إلينا بعد. إن أفضل ما نستطيع قوله (الذي نستطيع قوله أبداً): إنه كان يحترق في هذا التاريخ منذ 680 عاماً. ذلك أن النجوم تموت طوال الوقت. إن ما يفعله بوب إيفانز بنحو أفضل من أي شخص آخر سبق وحاول ذلك هو تحديد هذه اللحظات من الوداع السماوي.

في النهار، إيفانز قس لطيف وشبه مستقيل في كنيسة أسترالية التوحيدية، يقوم بعمل مؤقت ويبحث في تاريخ الحركات الدينية في القرن التاسع عشر. ولكنه في الليل -وبطريقته المتواضعة- يكون عملاق السماوات. إنه يصطاد المستشعر الفائق(*).

يتشكّل المستشعر الفائق حين ينهار كوكب عملاق، أكبر من شمسنا بكثير، ثم ينفجر بنحو هائل مطلقاً في لحظة طاقة مئة بليون شمس، مشتعلاً لمدة بشكل أكثر تألقاً من كل النجوم في مجرته. يقول إيفانز: «إنه كمثل انفجار ترليون قنبلة

(*) مُستَشعر شديد السطوع يرسل من الضياء أكثر مما ترسله الشمس بما يتراوح ما بين عشرة ملايين مرة ومئة مليون مرة. المترجم.

هيدروجينية في وقت واحد». وإذا ما حدث انفجار المستشعر الضوئي على بعد خمس مئة سنة ضوئية منا، فإننا سنتلاشى، وكما عبّر إيفانز بمرح: إنه (سيحطّم المشهد). ولكن الكون شاسع والمستشعرات الضوئية بعيدة جداً في العادة، بحيث لا تستطيع أن تلحق بنا الأذى. وفي الواقع إن معظمها بعيد بشكل لا يمكن تخيّله بحيث إنّ ضوءها يصل إلينا كوميض باهت. وفي الشهر الذي تكون فيه مرئية، فإن كل ما يميّزها عن النجوم الأخرى في السماء هي أنها تحتل نقطة في الفضاء لم تُشغل من قبل. إنها تلك الثقوب الشاذة - التي تحدث بين مدة وأخرى كثيراً - في القبة المزدحمة لسماء الليل هي التي يكتشفها الموقّر إيفانز.

كي نفهم عظمة هذا العمل، تخيّلوا طاولة عشاء عادية مغطاة بغطاء أسود، وانثروا عليها حفنة من الملح. يمكن أن يُعتقد أن الحبيبات المتناثرة هي مجرة. والآن تخيّلوا ألفاً وخمس مئة طاولة أخرى كالأولى ما يكفي لصناعة طاولة واحدة بطول ميلين، وكل منها عليها كمية من الملح المبعثرة بطريقة عشوائية. والآن أضيفوا حبة ملح واحدة إلى أي طاولة ودعوا بوب إيفانز يسير بينها. في لحظة سيحدد مكان الحبة. إن حبة الملح هذه هي المستشعر الضوئي.

يتمتّع إيفانز بموهبة استثنائية، بحيث إنّ أوليفر ساكس في كتابه (عالم أنثروبولوجيا على المرّيخ)، يخصص له نصاً في فصل عن العلماء المتوحّدين، مضيفاً بسرعة أنه «ليس هناك اقتراح بأنه متوحّد». أما إيفانز الذي لم يلتق بساكس، فقد سخر من القول بأنه يمكن أن يكون إما متوحّداً أو عالماً، لكنه لم يمتلك مقدرة كي يشرح تماماً من أين أتت موهبته.

«أبدو كأنني أمتلك موهبة لحفظ مسارات النجوم فحسب»، هذا ما أخبرني به بنظرة اعتذار صريحة حين زرته هو وزوجته إيلين في كوخهما الذي يشبه صورة كوخ في كتاب، الذي يقع على حافة هادئة لقرية هيزلبروك، في الخارج حيث تنتهي سيدني، ويبدأ الدغل الأسترالي الذي لا حدود له. أضاف: «لست جيداً في أمور أخرى. ولا أذكر الأسماء جيداً».

«ولا أين يضع الأشياء»، أضافت إيلين من المطبخ. هزّ رأسه بصراحة وابتسم، وسألني إن كنت أحب أن أشاهد التلسكوب؟ توقّعت أن يكون لدى إيفانز تلسكوب ملائم في فنائه الخلفي نسخة مصغّرة من جبل ولسون أو بالومار، بسقف مقوس كالقبة وبكرسي آلي جيد للمناورة. لكنه لم يقدني إلى الخارج وإنما إلى مخزن مكتظ بعيد عن المطبخ حيث يحفظ كتبه وأوراقه وتلسكوبه في أسطوانة بيضاء تشبه خزّاناً منزلياً للماء الساخن، وتعادله في الحجم الذي يتوضع على حامل متنقّل من خشب المعاكس قام بصناعته. حين يرغب بالرصد - ينقله في رحلتين - إلى سطح مُشمس بعيد عن المطبخ. وبين الجزء المتدلي من السقف والقمم الريشية لأشجار اليوكالبتوس التي تنمو في المنحدر في الأسفل، يمتلك فقط مجالاً لرؤية السماء بحجم صندوق البريد، ولكنه يقول: إنه أكثر من جيد لأهدافه. وهناك - حين تصفو السماء ويخف بريق القمر - يعثر على مستشعره الضوئي.

نحتَ مصطلح (المستشعر الضوئي) في الثلاثينيات عالم فيزياء فلكية غريب ومشهور يُدعى (فريتز زويكي)، وُلد في بلغاريا ونشأ في سويسرا، ثم جاء إلى مؤسسة كاليفورنيا للتكنولوجيا في العشرينيات وهناك برز على الفور بشخصيته المثيرة للسخط ومواهبه الشاذّة. لم يكن يبدو متألقاً، وعدّه كثيرون من زملائه مجرد (مهرّج مزعج). كان متعصّباً لكمال الأجسام، وكان يرتمي في غالب الأحيان على أرضية صالة العشاء في كالتيك أو في منطقة عامة أخرى، ويقوم بتمارين الدفع الصاعد بذراع واحدة؛ كي يُظهر رجولته لأي شخص يبدو أنه يميل إلى الشك بها. كان عدوانياً بنحو مشهور، وصار سلوكه في النهاية مخيفاً، بحيث إنّ معاونه الخاص - وهو رجل لطيف يُدعى والتر بادي - رفض أن يُترك وحده معه. وبين أمور أخرى، اتهم زويكي بادي - الذي كان ألمانياً - بأنه نازي، بالرغم من أنه لم يكن كذلك. وفي مناسبة واحدة على الأقل، هدّد زويكي بقتل بادي، الذي كان يعمل في أعلى الهضبة في مرصد ولسون - إذا رآه في حرم كالتيك.

كان زويكي يمتلك ذكاء عميقاً ومدهشاً. ركّز انتباهه في أوائل الثلاثينيات على مسألة أزعجت علماء الفلك طويلاً: الظهور بين فينة وأخرى لنقاط ضوئية غير

قابلة للشرح، نجوم جديدة. تساءل إن كان النيوترون الجُزيء الدُوذرّي، الذي كان قد اكتشفه لتوّه في إنكلترة جيمس تشادويك، وكان جديداً وذائع الصيت يمكن أن يكون في قلب الأشياء. وخطر له أنه إذا انهار النجم وتحطّم إلى أنواع الكثافة التي توجد في قلب الذرة، فإن النتيجة ستكون جوهراً متراصّاً بشكل لا يمكن تخيله. إن الذرات ستُسحق معاً، وتُجبر إلكتروناتها على الدخول في النواة التي تشكّل النيترونات. ستكون النتيجة نجماً نيترونياً. تخيّلوا مليون قذيفة مدفع ثقيلة الوزن تُضغط إلى حجم كرة رخامية، بالرغم من أن هذا لا يعبر عن الأمر بشكل كامل. سيكون لبّ النجم النيتروني كثيفاً جداً، بحيث إنّ ملعقة من المادة منه ستزن 90 بليون كيلوغرام. ملعقة! ولكن كان هناك أكثر. أدرك زويكي أنه بعد انهيار نجم كهذا سيكون هناك كمية كبيرة من الطاقة المتبقية، ما يكفي لإحداث الانفجار الأكبر في الكون. وقد دعا هذه الانفجارات الناجمة المستشعرات الضوئية. ستكون الأحداث الأكبر في الخلق.

نشرت مجلة (فيزيكال ريفيو) في 15 كانون الثاني 1934 خلاصة موجزة لمحاضرة ألقاها (زويكي وبادي) الشهر الماضي في جامعة ستانفورد. وبالرغم من إيجازه الشديد فقرة واحدة من 24 سطراً احتوى الملخّص على كمية ضخمة من العلم الجديد: قدم الإشارة الأولى إلى المستشعرات الضوئية والنجوم النيترونية؛ شارحاً بنحو مقنع طريقة تشكّلها؛ وحاسباً بدقة وزن انفجارها؛ وكنوع من العلاوة الختامية، ربط انفجارات المستشعرات الضوئية بإنتاج ظاهرة ملغزة جديدة تُدعى الأشعة الكونية التي عُثر عليها أخيراً متدفقة عبر الكون. كانت هذه الأفكار ثورية، هذا إذا قلنا: أقل شيء. ولن يُؤكد وجود النجوم النيترونية إلا بعد مضي أربعة وثلاثين عاماً. إن فكرة الأشعة الكونية لم تُؤكد بعد، بالرغم من أنها اعتُبرت قابلة للتصديق. كان الملخّص، كما قال عالم الفيزياء الفلكية في مؤسسة كاليفورنيا للتكنولوجيا (كيب.س. ثورن): «إحدى الوثائق الأكثر علماً بالغيب في تاريخ الفيزياء وعلم الفلك».

والمهم في الأمر أن زويكي لم يكن يفهم لماذا سيحدث أي من هذا. فبحسب ثورن: «لم يكن يفهم قوانين الفيزياء بما يكفي كي يكون قادراً على إثبات أفكاره». كانت موهبة زويكي خاصة بالأفكار الكبيرة. وقد تُرك آخرون كبادي مثلاً للقيام بالعمليات الرياضية.

كان (زويكي) أول من عرف أيضاً أنه لم يكن هناك تقريباً كتلة مرئية كافية في الكون لحمل المجرات معاً، وأنه لا بد أن هناك تأثير جاذبية آخر، وهو ما نسميه الآن بالمادة السوداء. وكان الشيء الذي لم يتمكن من رؤيته هو أنه إذا تقلص نجم نيتروني بما يكفي، فإنه سيصبح كثيفاً جداً بحيث إنّ الضوء نفسه لا يستطيع أن ينجو من دفعه الجاذبي الهائل. ستحصلون على ثقب أسود. ولسوء الحظ، كان معظم زملاء زويكي يزدرونه بحيث إنّ أفكاره لم تشد انتباه أحد. وحين انتبه روبرت أوبنهايمر العظيم بعد خمس سنوات إلى النجوم النيترونية في محاضرة تُعد معلماً، لم يقم بأي إشارة إلى عمل زويكي، بالرغم من أن زويكي اشتغل لسنوات على المشكلة نفسها في مكتب في أسفل الردهة. لم تجذب استنتاجات زويكي حول المادة السوداء انتباهاً جاداً إلا بعد أربعة عقود تقريباً. نستطيع الافتراض فحسب أنه قام بكثير من تمارين الدفع الصاعد في تلك المدة.

من المفاجئ أن قليلاً من الكون مرئي لنا حين نرفع رؤوسنا إلى السماء. ليس بوسع العين المجردة أن ترى إلا ستة آلاف نجم من الأرض، ويمكن رؤية ألفي نجم فقط من أي بقعة واحدة. وبمنظار ثنائي العين، فإن عدد النجوم التي يمكن أن تشاهدها من موقع واحد يرتفع إلى الخمسين ألف، وبتلسكوب صغير يبلغ طوله 2 إنش يقفز العدد إلى ثلاث مئة ألف. وبالتلسكوب الذي يبلغ طوله 16 إنشاً - كالذي يستخدمه إيفانز - تبدأ بالعد لا بالنجوم وإنما بالمجرّات. ويفترض إيفانز أنه يستطيع أن يشاهد من مصطبته بين خمسين ألفاً ومئة ألف مجرة، وكل منها تحتوي على عشرات البلايين من النجوم. وهذه بالطبع أرقام ضخمة، ولكن حتى بكثير من الذي تشتمل عليه، فإن المستشعرات الضوئية نادرة. يمكن أن يشتعل النجم لبلايين السنين، ولكنه ينطفئ مرة واحدة وبسرعة، ولا تنفجر إلا بعض النجوم

المطفأة. ويتلاشى كثير منها بهدوء، على غرار نار معسكر في الفجر. وفي مجرة عادية، تتألّف من مئة بليون نجم، فإن معدل حدوث المستشعر الضوئي هو مرة في كل مئتين أو ثلاث مئة سنة. كان البحث عن المستشعر الضوئي يشبه قليلاً الوقوف على منصة مرصد مبنى الإمباير ستيت بتلسكوب، والنظر إلى النوافذ في منهاتن آملين العثور مثلاً، على شخص يشعل شموع كعكة عيد ميلاده الواحد والعشرين.

وهكذا حين اتصل وزير معسول الكلام وحالم وسأل إن كانت لدى الجمعية الفلكية أي خرائط ميدانية مفيدة لاصطياد المستشعرات الضوئية؟ اعتقد أعضاؤها أنه مجنون. وفي الوقت الذي كان فيه لدى إيفانز تلسكوب طوله 10 إنشات، وهذا حجم كبير جداً للتحديق الناضج بالنجوم، ولكنه ليس النوع الذي يمكن القيام به ببحث جدي في الكوزمولوجيا، كان يقترح العثور على إحدى ظواهر الكون الأكثر ندرة. ففي تاريخ علم الفلك كله - وقبل أن يبدأ إيفانز النظر عام 1980 - اكتُشف أقل من ستين مستشعراً ضوئياً. (حين زرته، في آب 2001، كان قد سجّل لتوّه اكتشافه الرابع والثلاثين، وتبعه الخامس والثلاثون بعد ثلاثة أشهر، ثم تبعه السادس والثلاثون في أوائل 2003).

كان لإيفانز بعض الميّزات على أي حال. إن معظم الراصدين - هم على غرار معظم الناس عامة - موجودون في نصف الكرة الشمالي وهكذا كان لديه كثير من السماء، وخاصة في البداية. كان لدى إيفانز سرعة أيضاً وذاكرة خارقة للطبيعة. إن التلسكوبات الضخمة ثقيلة ويستهلكُ معظم وقتها العملياتي نقلُها إلى الموقع المناسب. يستطيع إيفانز أن يؤرجح تلسكوبه الصغير الذي يبلغ طوله 16 إنشاً ويدوره كما في قتال المهارشة القريب، ولا يمضي أكثر من ثانيتين في أي نقطة معيّنة في السماء. من ثَمَّ، ربما يستطيع أن يرى أربع مئة مجرة في المساء بينما سيكون تلسكوب مهني محظوظاً إذا شاهد خمسين أو ستين.

إن البحث عن المستشعرات الضوئية هو تقريباً طريقة لعدم العثور عليها. فمن عام 1980 إلى 1996 حقق معدّل اكتشافين في العام، وهذه ليست مكافأة كبيرة

مقابل التحديق المتواصل لمئات من الليالي. مرة حقق ثلاثة اكتشافات في خمسة عشر يوماً، ولكنه أمضى في وقت آخر ثلاث سنوات دون تحقيق أي شيء.

قال: «هناك بالفعل قيمة معيّنة في عدم العثور على أي شيء. هذا يساعد علماء الكوزمولوجيا على معرفة معدل سرعة نشوء المجرات. إنه إحدى المجالات النادرة حيث غياب الدليل هو دليل».

وعلى طاولة إلى جانب التلسكوب كانت أكداس الصور والأوراق المتعلقة بأبحاثه، وقد أراني بعضها. إذا حدث ونظرتم إلى المنشورات الفلكية الشعبية - ويجب أن تفعلوا هذا أحياناً - ستعرفون أنها مليئة بصور ضوئية ملوّنة للسديم البعيد وأمور أخرى مشابهة: سحابات من الضوء السماوي ذات جمال خارق ومؤثر. إلا أن صور (إيفانز) العاملة ليست مثل هذه. إنها مجرد صور غائمة بالأبيض والأسود بنقاط صغيرة من التألق الذي كالهالة. مرة أراني صورة حشد من النجوم ذات وهج ضعيف كان عليّ أن أقرّبها من عينيّ كي أميّزها. قال لي إيفانز: إن هذا كان نجماً في كوكبة تُدعى فورناكس من مجرة يسميّها علم الفلك باسم إن جي سي 1365 (ويعني اختصار إن جي سي الكتالوج الجديد العام)، حيث سُجّلت هذه الأمور. كان مرة كتاباً ثقيلاً على مكتب أحدهم في دبلن؛ أما اليوم - من النافل القول - إنه قاعدة معطيات). سافر الضوء من الانطفاء المدهش لهذا النجم الميت عبر الفضاء طوال ستين مليون عام دون توقّف، حتى وصل في إحدى الليالي في آب 2001 إلى الأرض في شكل وميض متوهج، أو تألّق باهت، في سماء الليل. كان روبرت إيفانز هو الذي حدّده من على رابيته التي تفوح بشذى اليوكالبتوس.

قال إيفانز: «هناك شيء ما مُرضٍ - على ما أعتقد - حيال فكرة سفر الضوء لملايين الأعوام عبر الفضاء وتماماً في اللحظة المناسبة، التي يصل فيها إلى الأرض ينظر المرء إلى القطعة المناسبة من السماء ويراه. إن حدثاً بهذه الأهمية يجب أن يُشاهد».

إن المستشعرات الضوئية تفعل أكثر بكثير من مجرّد منح إحساس بالدهشة. فهي تأتي في أنماط عدّة (اكتشف أحدها إيفانز)، ومن بين هذه الأنماط، هناك

واحد، يُعرف باسم المستشعر الضوئي إيا Ia، وهو مهم لعلم الفلك لأن هذه المستشعرات الضوئية تنفجر دوماً بالطريقة نفسها، وبالكتلة الحساسة نفسها. لهذا السبب يمكن استخدامها كـ (شموع عادية)، وكمقاييس يمكن قياس التألّق بها (ومن ثمَّ المسافة النسبية) للنجوم الأخرى، ومن ثَمَّ قياس نسبة تمدّد الكون.

في سنة 1987 انطلق سول بيرلمتر من مختبر لورنس بيركلي في كاليفورنيا - الذي كان بحاجة إلى اكتشاف مستشعرات ضوئية Ia أكثر من التي كانت تقدمها عمليات الرصد - للعثور على طريقة أكثر منهجية في البحث عنها. اخترع بيرلمتر نظاماً رائعاً مستخدماً كمبيوترات متطوّرة وأدوات مضاعفة الشحن وكاميرات رقمية جيدة حقاً. أتْمَتَ البحث عن المستشعرات الضوئية. تستطيع التلسكوبات الآن أن تلتقط آلاف الصور وتجعل الكمبيوتر يفحص البقع الواشية، التي تحدد انفجار مستشعر ضوئي. وفي غضون خمس سنوات - وبسبب التقنية الجديدة - اكتشف بيرلمتر وزملاؤه في بيركلي اثنين وأربعين مستشعراً ضوئياً. والآن يكتشف حتى الهواة المستشعرات الضوئية بأدوات مضاعفة الشحن. «تستطيع أن توجّه التلسكوب بواسطة CDDs إلى السماء، وتذهب إلى مشاهدة التلفزيون»، قال إيفانز بإحساس بالمقت: «لقد جردت هذه الأدوات الأمر من الرومانس».

سألته إن كان قد أُغري كي يتبنى التكنولوجيا الجديدة فقال: «كلا. أنا أستمتع بطريقتي كثيراً. بالإضافة إلى ذلك» هزّ رأسه مشيراً إلى صورة مستشعره الضوئي الأخير وابتسم: «ما أزال أستطيع التغلب عليها أحياناً».

إن السؤال الذي يطرح نفسه بنحو طبيعي هو: كيف سيكون الأمر إذا انفجر النجم في منطقة قريبة؟ إن جارنا النجمي الأقرب - كما رأينا - هو القنطورس الألفاوي؛ وهو على بعد 4,3 سنوات ضوئية. وقد تخيّلت أنه لو تم انفجار هناك فإنه سيكون لدينا 4,3 سنوات لمشاهدة ضوء هذا الحدث الرائع ينتشر عبر السماء، وكأنه ينسكب من علبة عملاقة. كيف سيكون الأمر لو كان لدينا أربع سنوات وأربعة أشهر لمراقبة قدر لا يمكن النجاة منه يتقدم نحونا، عارفين أنه حين يصل

في النهاية فإنه سينفجر نازعاً جلودنا عن عظامنا؟ هل سيظل الناس يذهبون إلى العمل؟ هل سيزرع الفلاّحون المحاصيل؟ هل سيرسلها أحد إلى الحوانيت؟

بعد أسابيع - في بلدة في نيومها مشير حيث كنت أعيش حينها - طرحت هذه الأسئلة على جون ثورستنسن، عالم الفلك في كلية دارتماوث. قال ضاحكاً: «آه، كلا، إن أنباء أحداث كهذه تسافر بسرعة الضوء، وهكذا يفعل الدمار، وهكذا ستعرف عنه وتموت منه في اللحظة نفسها. ولكن لا تقلق، لأنها لن تحدث».

كي يقتلك انفجار المستشعر الضوئي - كما قال - يجب أن تكون «قريباً» عشرة أعوام ضوئية أو ما يقارب ذلك. «سيكون الخطر أنواعاً متعددة من الإشعاع: أشعة كونية أو إلى ما هنالك». ستُنتج هذه أشفاقاً خرافية، وستائر متألقة من الضوء الشبحي تغمر السماء. لن يكون هذا أمراً جيداً. إن أي شيء قوي بما يكفي كي يصنع مشهداً كهذا سيفجّر الغلاف المغنطيسي، المنطقة المغناطيسية المرتفعة فوق الأرض التي تحمينا عادة من الأشعة فوق البنفسجية وهجمات كونية أخرى. فمن دون الغلاف المغنطيسي فإن أي شخص غير محظوظ يخطو في ضوء الشمس، سيتخذ بسرعة مظهر قطعة بيتزا مطبوخة أكثر من اللازم.

إن السبب الذي يجعلنا واثقين بشكل عقلياً من أن حدثاً كهذا لن يحدث في زاويتنا من المجرة - كما قال ثورستنسن - هو أن الأمر يتطلب نوعاً معيناً من النجوم كي يصنع مستشعراً ضوئياً في البداية. ويجب أن يكون النجم المرشّح أكبر من شمسنا من عشر إلى عشرين مرة، و«ليس لدينا أي شيء بهذا الحجم اللازم قريب إلى هذا الحد. فالكون كبير جداً بنحو رحيم». أضاف أن المرشّح المحتمل الأكبر، هو مَنْكِبُ الجوزاء(*) ، الذي أوحت فرقعاته المتنوّعة لسنوات بأن شيئاً ما غير مستقر بنحو غير ممتع يجري هناك. ولكن منكب الجوزاء هو على بعد خمسين ألف سنة ضوئية.

(*) نجمٌ عملاق يُعدّ أكبر نجوم كوكبة الجبّار أو الجوزاء. المترجم.

كانت المستشعرات الضوئية قريبة بما يكفي كي تكون مرئية للعين المجردة ست مـرات في التاريخ المدوّن فحسب. كانت إحداها انفجاراً حدث في سنة 1051 أنشأ سـديم السرطان. حـدث الانفجار الآخـر في 1604 وجعل نجمـاً متألقاً بما يكفي كـي يُـرى بالعين المجردة لأكثر من ثلاثـة أسابيع. وكان الأحـدث بينها في 1987، حـين شـعّ مستشعر ضوئي في منطقة مـن الكون تُعرف باسـم سحابة ماجلّان(*) الضخمـة، ولكـن هذا نادراً مـا كان مرئياً وكان يُشاهد في نصـف الكرة الجنوبي فحسب، وكان آمناً بنحو مريح لأنه يبعد 169,000 سنة ضوئية.

إن المستشعـرات الضوئية مهمة لنا بطريقة أخرى محورية حاسمة. فمن دونها لـن نكـون هنا. تتذكرون اللغز الكـوني الذي أنهينا به الفصـل الأول: أن الانفجار الكـوني أنشأ كثـيراً من الغازات الخفيفة لكنه لم ينتـج عناصر ثقيلة. جاءت هذه فيمـا بعد، ولكـن لم يستطع أحـد لوقت طويل جـداً أن يستنتج كيـف جاءت فيما بعـد. كانت المشكلة أنـك تحتاج إلى شيء ما حار فعلاً أكـثر حرارة حتى من أكثر النجوم حرارة لتوليد الكربون والحديد والعناصر الأخرى، التي من دونها سنكون لامادـيين بنحو مكرب. قدمـت المستشعرات الضوئية الشـرح، وكان الذي استنتج ذلك هو عالم كوزمولوجيا إنكليزي متوحد على غرار فريتز زويكي.

كان رجـلاً مـن يوركشير يُدعـى فريد هويل. وهويـل، الذي وافتـه المنية في سنة 2001، ووُصـف في نعوتـه المنشـورة في مجلة نيتشـر بأنه «عـالم كوزمولوجيا و بارع في الجـدل»، وكان فعـلاً يمتلك هاتـين الصفتـين. كان - بحسب نعـوة مجلة نيتشر - «متورطـاً في الجـدل معظم حياتـه»، و«ذيّل اسمـه على كثير مـن القمامة». زعم علـى سبيـل المثـال، ودون إيراد دليـل - أن المستحاثـات الموجـودة في متحف العلوم الطبيعيـة لطائر الأركيوبتركس(**) هي مزوّرة على غـرار خدعة بلتداون (الإنسان القبتاريخـي)، مسبّباً كثيراً من السخط لعلمـاء الإحاثة في المتحف، الذين اضطروا

(*) إحـدى مجرتين تعدّان أقرب المجرات إلى الطريـق اللبنية وتبدوان على شكل قطع سحاب وضّاءة. المترجم.

(**) طائر بدائي منقرض يُعتقد أنه تطوّر عن إحدى الزواحف. المترجم.

إلى قضاء أيام للرد على مكالمات هاتفية من صحفيين في أنحاء العالم كله. اعتقد أيضاً أن الفضاء لم يمنح الأرض الحياة فقط وإنما كثير من أمراضها مثل الأنفلونزا والطاعون الدّبْليّ، وقال مرة إن البشر طوّروا أنوفاً ناتئة بوجود المنخرين في الأسفل لتكون طريقةً لمنع سقوط البكتيريا الكونية فيها.

كان هو من نحت مصطلح الانفجار الكوني، في لحظة مزاح، لمذيع إذاعة في 1952. وقد قال إنه لا شيء في فهمنا للفيزياء يمكن أن يفسّر لماذا كل شيء، جُمع إلى نقطة، وسيبدأ فجأة وبنحو درامي بالتمدد. وقد فضّل نظرية الحالة المستقرّة(*) التي فيها يتمدد الكون باستمرار، ويخلق باستمرار مادة جديدة فيما هو ينطلق. أدرك هويل أيضاً أنه لو أن النجوم انفجرت داخلياً فإنها ستحرر كميات ضخمة من الحرارة، 100 مليون درجة أو أكثر، ما يكفي للبدء بتوليد العناصر الأكثر ثقلاً في عملية تُعرف باسم التركيب النواتي. وحين كان يعمل مع آخرين في سنة 1957 أظهر هويل كيف تم تشكيل العناصر الأكثر ثقلاً في انفجارات المستشعرات الضوئية. من أجل هذا العمل، مُنح أحد معاونيه، وهو دبليو. إي. فاولر جائزة نوبل. ومن العار أن هويل لم يحصل عليها.

تقول نظرية هويل: إن انفجار النجم سيولّد ما يكفي من الحرارة كي ينشئ جميع العناصر، وينشرها في الكون حيث ستشكّل سحابات غازية الأداة (البينجمية)، كما تعرف التي يمكن في النهاية أن تتّحد في منظومات شمسية جديدة. وبولادة النظريات الجديدة صار من الممكن أخيراً إنشاء سيناريوهات قابلة للتصديق عند كيفية ذهابنا إلى هناك. ما نعتقد الآن أننا نعرفه هو الآتي:

منذ نحو 4,6 بليون سنة تراكمت دوامة من الغاز والغبار عرضها 24 بليون كيلومتر في الفضاء، حيث نحن الآن وبدأت تتكتّل. والواقع أن 99,9% من كتلة المنظومة الشمسية ذهب لصناعة الشمس. ومن المادة العائمة التي بقيت سبحت حبتان صغيرتان جداً، واقتربتا من بعضهما بما يكفي، واندمجتا بفعل قوى

(*) نظرية في علم الفلك تقول بأن الكون هو أبداً في حالة مستقرة، وأن ما يُعرف بـ «تمدّد الكون» يعوّضه خلق للمادة مستمر من غير انقطاع. المترجم.

شحنات كهربائية ساكنة. كانت هذه لحظة بداية كوكبنا. كان الشيء نفسه يحدث في كل أنحاء المنظومة الشمسية غير المكتملة. فقد شَكلت حبّات الرمل المتصادمة كتلاً أكبر فأكبر. كبرت الكتل في النهاية بما يكفي كي تُدعى كويكبات. وفيما كانت هذه تتقافز وتتصادم بلا نهاية، تشظّت أو انشقت أو مُزجت من جديد في تبدّلات عشوائية لا نهاية لها، ولكن في كل لقاء كان هناك رابح، ونما بعض الرابحين بما يكفي، كي يهيمنوا على المدار الذي كانوا يسافرون حوله.

من اللافت أن كل هذا حدث بسرعة. واعتُقد أن النمو من عنقود صغير من الحبيبات إلى كوكب طفل بعرض مئات الكيلومترات، لم يستغرق أكثر من بضعة عشرات الآلاف من الأعوام. وفي غضون 200 مليون عام أو أقل، شُكّلتْ الأرض، بالرغم من أنها كانت ما تزال ذائبة وخاضعة لقصف مستمرّ من الحطام الذي كان يطوف حولها.

عند هذه النقطة، ومنذ نحو 4,4 بليون عام، اصطدم جرم بحجم المرّيخ بالأرض مفجّراً ما يكفي من المادّة لتشكيل كوكب مرافق هو القمر. وفي غضون أسابيع - كما اعتُقد - أعادت المادة المقذوفة تجميع نفسها ككتلة واحدة، وفي غضون سنة تحوّلت إلى الصخرة الكوكبيّة التي ترافقنا حتى الآن. إن معظم المادة القمرية جاءت - كما يُظن - من قشرة الأرض، وليس من لبّها، ولهذا السبب ليس في القمر سوى قليل من الحديد بينما لدينا كثير. وبالمصادفة، غالباً ما قُدّمتْ النظرية بوصفها نظرية حديثة، ولكن في الحقيقة كان أول من أبدعها في الأربعينيات ريجينال دالي من هارفارد.

حين كانت الأرض في ثلث حجمها النهائي، كانت قد بدأت على الأرجح بتشكيل كوكب، معظمه من ثاني أكسيد الكربون والنتروجين والميثان والكبريت. لم يكن هذا نوع المادة التي سترتبط بالحياة، ومع ذلك تشكّلت الحياة من هذه اليخنة المزعجة. إن ثاني أكسيد الكربون هو غاز يحافظ على الحرارة. كان هذا شيئاً جيداً؛ لأن الشمس كانت بنحو ملحوظ أكثر بهوتاً آنذاك. فلو لم نحصل على فائدة

أثـر المخضرة الدفينة[*] لكانت الأرض قد تجمّدت باستمرار، ولما حصلت الحياة أبداً على موطئ قدم. ولكن الحياة فعلت ذلك نوعاً ما.

وفي الأعـوام الخمس مئة مليون الآتية ظلـت النيازك والشهب وحطام مجرات أخرى تحيط بالأرض الفتية بشكل لا يلين، أحضرت المياه لملء المحيطات والمركّبات الضرورية للتشكل النـاجح للحياة. كانت بيئة معادية جداً، ومع ذلك واصلت الحياة نموّها. انتفضت سلة صغيرة من المواد الكيماوية وصارت حية. كنا في طريقنا.

بعـد أربعة بلايين سنة، بدأ البشر يتساءلون كيف حدث كل هذا. وهذا موضوع قصتنا الآتية.



(*) أثر غلاف الأرض الجويّ في الاحتفاظ بحرارة الشمس.

الباب الثاني

حجم الأرض

قياس الأشياء

إذا كان عليك اختيار الرحلة العلمية الميدانية الأقل مرحاً في جميع الأزمنة، فإنك ستفعل على الأرجح ما هو أسوأ مما فعلته رحلة أكاديمية العلوم الملكية الفرنسية إلى البيرو في سنة 1735. فهذه الرحلة التي قادها عالم بالمائيّات يُدعى بيير بوجوير وجنديٌّ وعالم بالرياضيات يُدعى تشارلز ماري دو لا كوندامين، ضمّتْ فريقاً من العلماء والمغامرين الذين سافروا إلى البيرو من أجل مسح المسافات عبر تقسيمها إلى مثلثات عبر الآنديز.

كانت تحدو الناس في ذلك الوقت رغبة هائلة لفهم الأرض ومعرفة عمرها، وكبرها، وأين هي معلّقة في الفضاء، وكيف حدث ذلك. وكان هدف الفريق الفرنسي هو المساعدة في حسم مسألة محيط الكوكب عبر قياس طول درجة واحدة من خط الزّوال (أو درجة من 360 درجة من المسافة حول الكوكب) على طول خط يمتد من ياروكي - قرب كويتو، إلى ما وراء سوينكا - في ما يُدعى الآن بالإكوادور، ويبلغ نحو 320 كيلومتراً(*) .

(*) كان المسح المثلثي، منهجهم المختار، تقنية شعبية تستند إلى الحقيقة الهندسية القائلة، بأنك إذا عرفت طول ضلع من مثلث وزوايا زاويتين، فإنك تستطيع استنتاج كل أبعاده الأخرى دون أن تغادر كرسيّك. افترض - على سبيل المثال - أنني أنا وأنت قرّرنا أن نعرف كم تبعد الطريق إلى القمر. إذا استخدمنا المسح المثلثي، فإن الشيء الأول الذي يجب أن نفعله هو وضع مسافة ما بيننا، وهكذا دعنا نقول على سبيل الجدل أنك تمكث في باريس وأنا أذهب إلى موسكو وننظر كلانا إلى القمر في الوقت نفسه. والآن، إذا تخيّلت خطاً يصل بين عناصر هذا التمرين. أي، أنت وأنا والقمر. فإنه يشكل مثلثاً. وإذا قست طول الخط القاعدي بينك وبيني وبين زوايا زاويتينا يمكنك حساب البقية بسهولة. (لأن الزوايا الداخلية للمثلث تصل دوماً إلى 180 درجة، فإذا عرفت حاصل اثنتين من الزوايا تستطيع أن تحسب على الفور الثالثة، ومعرفة الحجم الدقيق للمثلث وطول أحد الأضلاع يخبرك عن طول الأضلاع الأخرى. كان هذا في الحقيقة هو المنهج الذي استخدمه عالم فلك يوناني يُدعى هيباركوس النيقي Nicaea في 150 قبل الميلاد؛ كي يعرف بعد القمر عن الأرض. أما على مستوى الأرض، فإن مبادئ المسح المثلثي هي نفسها، باستثناء أن المثلثات لا تصل إلى الفضاء وإنما بالأحرى تقع جنباً إلى جنب على الخريطة. فلقياس درجة من خط الزوال، سينشيء الماسحون نوعاً من سلسلة من المثلثات التي تتقدّم عبر المشهد الطبيعي.

بدأت الأمور فجأة تنحو باتجاه الخطأ، وبشكل هائل أحياناً. ففي كويتو، أغضب الزائرون السكان المحليين فطُردوا من البلدة من قبل رعاع مسلّحين بالأحجار. بعد هذا حالاً، قُتل طبيب الحملة بسبب سوء فهم متعلق بامرأة. وفقد عالم النبات عقله. مات آخرون من الحمّى ومن السقطات. وهرب العضو الرئيس الثالث في الفريق، وهو رجل يُدعى جان غودن مع فتاة في الثالثة عشرة من عمرها، ولم ينجح إغراؤه بالعودة.

عند هذه النقطة كان على المجموعة أن تعلّق العمل لثمانية أشهر، بينما رحل لا كوندامين إلى ليما، كي يحل مشكلة تتعلّق بأذونهم. في النهاية اختلف مع بوجوير وامتنعا عن التحدث ورفضا العمل سوية. وفي كل مكان ذهب إليه الفريق المتناقص قوبل بأعمق الشبهات من المسؤولين، الذين وجدوا صعوبة في تصديق أن مجموعة من العلماء الفرنسيين سيقطعون نصف المسافة حول العالم كي يقيسوه. لم يكن لهذا أي معنى على الإطلاق. ولكن بعد قرنين ونصف، ما تزال تبدو المسألة معقولة. لماذا لم يقم الفرنسيون بقياساتهم في فرنسة وينقذوا أنفسهم من إزعاج ونكد مغامرتهم الآندية؟

تكمن الإجابة جزئياً في حقيقة أن علماء القرن الثامن عشر - وخاصة الفرنسيين - نادراً ما فعلوا الأشياء ببساطة إذا توافر لديهم بديل، ويعود السبب أيضاً إلى مشكلة عملية واجهها أولاً عالم الفلك الإنكليزي إدموند هالي قبل سنوات كثيرة، قبل أن يحلم بوجوير ولا كوندامين بالذهاب إلى أمريكة الجنوبية بوقت طويل، وبالإضافة إلى ذلك كانوا يمتلكون سبباً لفعل هذا.

كان هالي شخصية استثنائية. ففي مجرى مهنة طويلة ومنتجة، كان قبطاناً بحرياً، ورسّام خرائط وأستاذاً للهندسة في جامعة أكسفورد، ونائب كبير المحاسبين في دار سكّ العملة الملكية، وكان عالم فلك في الجمعية الملكية، ومخترعاً لناقوس الغوّاصين. وقد ألّف عن المغنطيسية، والمد والجزر وحركات الكواكب أبحاثاً يُعتدّ بها، وكتب بولع عن تأثيرات الأفيون. واخترع خريطة الطقس وجدول

خبراء التأمين، واقترح طرقاً لاستنتاج عمر الأرض وبعدها عن الشمس، حتى إنه استنبط منهجاً عملياً لإبقاء السمك طازجاً بعد صيده. كان الشيء الوحيد الذي لم يفعله هو اكتشاف المذنّب، الذي يحمل اسمه. اعترف فقط أن المذنّب الذي شاهده في 1682 كان هو نفسه الذي رآه آخرون في 1456 و1531 و1607. ولم يصبح مذنب هالي إلا في 1758، بعد ستة عشر عاماً من وفاته.

وعلى الرغم من كل إنجازاته، فإن إسهام هالي الأعظم في المعرفة البشرية هو أنه أدى دوراً في رهان علمي متواضع مع اثنين آخرين أكفاء من عصره هما روبرت هوك الذي ربما يُذكر الآن بنحو أفضل على أنه الشخص الوحيد الذي وصف الخلية، والآخر هو العظيم والمهيب السير كريستوفر رين الذي كان بالفعل عالم فلك أولاً ومهندساً معمارياً ثانياً، بالرغم من أن هذا لا يُذكر كثيراً الآن. في 1683 كان هالي وهوك ورين يتناولون العشاء في لندن حين انتقلت المحادثة إلى حركات الأجرام السماوية. كان من المعروف أن الكواكب تميل إلى الدوران في مسار إهليلجي معيّن يُعرف باسم القطع الناقص ـ «منحنى محدد ودقيق جداً» ولكن لم يُفهم لماذا. عرض رين بكرم جائزة قدرها 40 شلنغاً (ما يعادل أجر يومين) لأي من الرجال الذي يستطيع تقديم حلّ.

زعم هوك - الذي كان من المعروف جيداً أنه يحصل على الثناء من أجل أفكار ليست له بالضرورة - أنه حلّ المشكلة لكنه زعم أنه يرفض أن يبيّن ذلك الآن؛ خشية أن يجرد الآخرين من متعة اكتشاف الإجابة بأنفسهم. قال إنه: «لم يفصح عن الحل لبعض الوقت، كي يعرف الآخرون كيف يقوّمونه». إذا حدث وفكر مرة أخرى بالمسألة، فإنه لم يورد دليلاً عليها. صار هالي على أي حال مستغرقاً في العثور على الإجابة، إلى درجة أنه سافر في العام الآتي إلى كمبريدج، وتجرأ على زيارة بروفسور الرياضيات إسحاق نيوتن، آملاً أنه يستطيع مساعدته.

كان نيوتن شخصاً غريباً من غير ريب: كان متألقاً بشكل يفوق القياس، ولكنه منعزل وكئيب وحسّاس إلى درجة جنون الارتياب، وكان من المعروف عنه الشرود

(فحين يدلي ساقيه من السرير في الصباح يُقال: إنه يجلس أحياناً لساعات مشلولاً من الاندفاع المفاجئ للأفكار في رأسه)، كان قادراً على الغرابة الأكثر إثارة. شيّد مختبره الأول في كمبريدج، وانخرط في أكثر أنواع التجارب غرابة. مرة أدخل مخرزاً في محجر عينه وحك الموضع الذي حوله «بين عيني والعظم إلى قرب الجانب الخلفي من العين قدر استطاعتي» فقط لأرى ما الذي سيحدث. وبفعل معجزة لم يصب بأذى دائم. في مناسبة أخرى حدّق بالشمس قدر ما يستطيع التحمّل؛ كي يحدّد ما التأثير الذي ستحدثه في عينه. ومرة أخرى نجا من الأذى الدائم، بالرغم من أنه كان عليه أن يمضي بعض الأيام في غرفة مظلمة قبل أن تسامحه عيناه.

كان يعلو فوق هذه المعتقدات الغريبة والصفات عقل بعبقرية لا يُعلى عليها، وبالرغم من أن نيوتن كان يعمل في قنوات تقليدية فإنه كان دوماً يُظهر ميلاً إلى التفرّد. وحين كان طالباً - وقد أحبطته حدود الرياضيات التقليدية - ابتكر شكلاً جديداً كلياً، وهو حساب التفاضل والتكامل، ولكنه لم يطلع أحداً عليه طوال 27 عاماً. وبطريقة مماثلة، قام باكتشاف في حقل البصريات حوّل فهمنا للضوء ووضع الأساس لعلم التحليل الطّيفي، ومرة أخرى اختار ألا يفصح عن النتائج لثلاثة عقود.

وبالرغم من كل تألقه لم يشغل العلم الحقيقي إلا جزءاً من اهتماماته. فقد أمضى نيوتن نصف حياته تقريباً في العمل في الكيمياء والاهتمامات الدينية المتقلّبة. ولم تكن هذه مجرد تسليات ملهية وإنما عبادات صادقة. كان تابعاً سرياً لطائفة هرطوقية خطرة تُدعى الآريوسية، وكان معتقدها الرئيس هو أنه لم يكن هناك ثالوث أقدس (وهذا مثير للسخرية قليلاً بما أن كلية نيوتن في كمبريدج كان اسمها الثالوث الأقدس). أمضى ساعات لا نهاية لها في دراسة خطة أرضية معبد سليمان المفقود في القدس (وتعلّم اللغة العبرية في أثناء ذلك، لأنه من الأفضل فحص النصوص الأصلية) معتقداً أنه يحتوي على مفاتيح رياضية لمواعيد المجيء الثاني للمسيح ونهاية العالم. ولم تكن صلته بالسيمياء أقل حماسة. ففي عام

1936 اشترى عالم الاقتصاد جون مينارد كينيز صندوقاً من أوراق نيوتن في مزاد علني، وفاجأه اكتشاف أنها لم تكن تدور حول البصريات أو حركات الكواكب، وإنما حول بحث عقلي فردي لتحويل المعادن الوضيعة إلى ثمينة. وبيّن تحليل شعرة من شعر نيوتن في السبعينيات أنه يحتوي على الزئبق، وهذه مادة يهتم بها السيميائيون، وصانعو القبعات وموازين الحرارة، ولا أحد آخر تقريباً، وكان تركيزه أعلى بأربعين مرة من المستوى الطبيعي. ربما كان هذا هو سبب معاناته من مشكلة في تذكّر النهوض في الصباح.

لا نستطيع سوى أن نخمّن ما توقّع هالي أن يحصل عليه منه تماماً حين قام بزيارته غير المعلنة في آب 1684. ولكن بفضل قصة صاحب لنيوتن فيما بعد يُدعى أبراهام دو موافري لدينا سجل لأحد لقاءات العلم الأكثر أهمية في التاريخ:

في 1684 جاء الدكتور هالي للزيارة في كمبريدج وبعد أن أمضيا بعض الوقت سوية سأله الدكتور ما رأيه بالمنحنى، الذي تسلكه الكواكب، مفترضين أن قوة الجذب نحو الشمس هي مقلوب مربّع بعدها عنها.

كانت هذه إشارة إلى قطعة رياضيات تُعرف باسم قانون التربيع العكسي(*) الذي كان هالي مقتنعاً أنه يكمن في قلب الشرح، بالرغم من أنه لم يكن متأكداً بالضبط كيف.

أجاب السير إسحاق على الفور أنه سيكون قطعاً ناقصاً. فسأله الطبيب الذي صعقه الفرح والدهشة، كيف عرف ذلك. أجاب: «لماذا؟ لقد حسبتها»، على إثر ذلك سأله الدكتور هالي عن حسابه دون تأخير. بحث السير إسحاق بين أوراقه لكنه لم يستطع العثور عليه.

كان هذا مدهشاً، على غرار شخص يقول إنه عثر على علاج للسرطان ولكنه لا يذكر أين وضع الصيغة. وبضغط من هالي، وافق نيوتن على القيام بالحسابات

(*) قانون تتغيّر بموجبه شدّة الطاقة الواردة من مصدر ما بتغيّر المسافة الفاصلة عن ذلك المصدر، وذلك بنسبة مقلوب مربّع تلك المسافة. المترجم.

مـرة أخرى وألّف بحثاً. وفعـل كما وعد، ولكنه عندئذ فعـل أكثر من ذلك. تقاعد مـدة عامين منصرفاً إلى التأمل والتأليف، وأخيراً أنجز رائعته المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية، الذي يُعرف بنحو أفضل باسم كتاب المبادئ.

يحـدث مرة في كل مدة طويلة، أو بضع مـرات في التاريخ، أن يبدع عقل بشري عملاً ذكياً جداً ومفاجئاً، ولا يستطيع البشر أن يحددوا تماماً ما هو الأكثر إدهاشاً: الحقيقـة أم التفكير بهـا. كان ظهور كتاب المبادئ هو إحـدى تلك اللحظات. فقد جعـل نيوتـن مشهوراً على الفور. وأحيـط لبقية حياته بالإعجـاب والتكريم، وكان - بـين أمور أخرى كثيرة - أول شخصـ في بريطانية يُمنح وسام الفارس من أجل إنجـازه العلمي. حتى عالم الرياضيات الألماني الكبير غوتفريد فون لايبنتز، الذي خاضـ معه نيوتـن صراعاً طويـلاً ومريراً حـول أسبقية ابتكار حسـاب التفاضل والتكامل، اعتقد أن إسهمه في الرياضيات يعادل كل العمل المتراكم الذي سبقه. «لا يستطيـع فانٍ أن يقترب من الآلهـة» كتب هالي بشعور ردّد صداه بنحو لا نهائيّ معاصروه وكثيرون منذ ذلك الوقت.

وبالرغـم من أن كتاب المبـادئ الرياضية للفلسفة الطبيعيـة دُعي «أحد أعقد الكتـب التي سبـق وتم تأليفها» تقصّد نيوتن جعله صعبـاً، بحيث لا يضايقه علماء الرياضيـات «المهذارون» - كما دعاهم - فإنه كان ضوء الهداية للذين ساروا على خطاه. لم يشرح مدارات الأجرام السماوية رياضياً فحسب، وإنما حدّد أيضاً القوة الجاذبـة التي جعلـت الكواكب تتحـرك في المقام الأول: الجاذبيـة. فجأة شُرحت جميع الحركات في الكون.

وفي قلب كتاب المبادئ كانت قوانين نيوتن الثلاثة الخاصة بالحركة التي تحدّد - بشـكل مخيـف جداً - أن الشـيء يتحرك إلى جهـة يُدفع إليهـا؛ أي أنه يواصل الحركة في خط مستقيم إلى أن تعمل قوة أخرى كي تبطئه أو تعطّله؛ وأنّ كلّ حركة لهـا رد فعـل مضاد ومساوٍ. كان فيه أيضاً قانونه الكـوني الخاص بالجاذبية الذي يفيد أن كل شيء في الكون يمارس جاذبية على كل شيء آخر. يمكن ألا يبدو الأمر

هكذا، ولكن فيما أنت جالس الآن فأنت تجذب كل شيء حولك: الجدران والسقف والمصباح والقطة نحوك عبر مجال جاذبيتك الخاص بك الذي هو محدود جداً. وتجذبك هذه الأشياء أيضاً. كان نيوتن هو الذي أدرك أن جاذبية أي شيئين هي - إذا اقتبسنا كلام فينمان ثانية - «متناسبة طرداً مع كتلة كل منهما وتتنوّع بنحو معكوس كمقلوب مربع المسافة بينهما». وبصيغة أخرى، إذا ضاعفت المسافة بين شيئين، فإن الجذب بينهما يصبح أضعف بأربع مرات. يمكن التعبير عن هذا بصيغة: $F = G\ Mm$.

لا أحد منا يستطيع أن يقوم باستخدام عملي له، ولكننا نستطيع على الأقل أن ندرك أنه محكم بنحو رشيق. عمليتا ضرب موجزتان، عملية تقسيم واحدة، وضربة حظ، وتعرف موقع جاذبيتك أينما ذهبت. كان أوّل قانون جاذبية سبق وقدّمه عقل بشري ولهذا يُحترم نيوتن في كل مكان احتراماً عميقاً.

لم يحدث تأليف كتاب المبادئ من دون دراما. ومما أثار رعب هالي هو أنه فيما كان الكتاب يقترب من الانتهاء دخل نيوتن وهوك في نزاع حول من له الأسبقية في اكتشاف قانون التربيع العكسي، ورفض نيوتن أن ينشر الجزء الثالث الحاسم، الذي من دونه لن يكون للجزأين الأولين سوى أهمية قليلة. وعبر بعض الدبلوماسية المكوكية المسعورة والتطبيقات الأكثر ليبرالية للمداهنات، استطاع هالي في النهاية أن ينتزع الجزء النهائي من البروفسور الشارد.

لم تنتهِ صدمات هالي تماماً. فقد وعدت الجمعية الملكية بنشر العمل، ولكن الوعد سُحب فيما بعد، لأسباب مالية مربكة. في العام الماضي، دعمت الجمعية شيئاً مخفقاً ومكلفاً جداً هو كتاب تاريخ الأسماك، واشتبهت بأن السوق من أجل كتاب عن المبادئ الرياضية سيكون محدوداً. نشر هالي والذي لم تكن إمكانياته كبيرة - الكتاب على نفقته الخاصة. ولجعل الأمور أسوأ، كان هالي قد قبل هذه المرة منصباً كموظّف في الجمعية، وتم إبلاغه بأن الجمعية لم تعد تستطيع أن

تقدم له الراتب الموعود، وهو خمسون جنيهاً في السَّنة. وقررت أن تدفع له بدلاً من ذلك نسخاً من كتاب تاريخ الأسماك.

شرحتْ قوانين نيوتن كثير من الأشياء منها المد والجزر، وحركات الكواكب، ولماذا قذائف المدفعية تتبع مساراً معيّناً قبل أن تندفع إلى الأرض، ولماذا لا نُقذف في الفضاء فيما الكوكب يدور تحتنا بسرعة مئات الكيلومترات في الساعة(*) وقد استغرقت معانيها الضمنية بعض الوقت لكي تتسرّب. ولكن كشفاً واحداً صار على الفور مثيراً للجدل.

كان هذا اقتراحاً بأن الأرض ليست دائرية تماماً. فبحسب نظرية نيوتن، إن القوة النّابذة لدوران الأرض يجب أن تنتج تسطحاً ضئيلاً في القطبين وانتفاخاً عند خط الاستواء، مما سيجعل الكوكب مفلطحاً قليلاً. كان هذا يعني أن طول درجة خط الزوال لن تكون نفسها في إيطالية كما كانت في أسكتلندة. وسيقصر الطول حين تبتعد عن القطبين. كانت هذه أنباء طيبة لأولئك الأشخاص الذين كانت قياساتهم للكوكب تستند إلى افتراض أنه كرة تامة، وكان الجميع يأخذون بذلك.

حاول الناس طوال نصف قرن استنتاج حجم الأرض، وذلك عبر القيام بجميع القياسات الدقيقة تقريباً. كان أحد أول تلك القياسات قد تم على يد عالم رياضيات بريطاني يُدعى رتشارد نورود. حين كان نورود شابّاً سافر إلى جزيرة برمودا ومعه ناقوس الغوّاصين المصنوع بحسب نموذج ناقوس هالي، ناوياً أن يجني ثروة من استخراج اللآلئ من حوض البحر. أخفقت الخطة لأنه لم يكن هناك لآلئ وعلى أي حال لم يعمل ناقوس نورود، ولكن نورود لم يكن من الأشخاص الذين يضيّعون تجربة. كانت برمودا في أوائل القرن السابع عشر معروفة جيداً بين قباطنة السفن بأنه من الصعب تحديد مكانها. كانت المشكلة هي أن المحيط كبير، وبرمودا صغيرة وكانت أدوات الملاحة غير ملائمة للتعامل مع هذا التغاير

(*) تعتمد سرعة دورانك على أين أنت. وتتنوّع سرعة دوران الأرض من أكثر من 1600 كيلومتر في الساعة في خط الاستواء إلى صفر في القطبين. وفي لندن السرعة هي 998 كيلومتراً في الساعة.

بنحو يبعث على اليأس. لم يكن هناك طول متّفق عليه للميل البحري. وبسبب اتساع المحيط تصبح الأخطاء الحسابية الأصغر كبيرة، بحيث إنّ السفن غالباً ما تفقد أهدافاً بحجم برمودا بهوامش كبيرة بشكل كريه. قرّر نورود، الذي كان حبّه الأول هو علم المثلّثات، ومن ثمّ الزوايا، أن يدخل بعض الصرامة الرياضية إلى علم الملاحة، ومن أجل تلك الغاية صمّمَ أن يحسب طول الدرجة.

مبتدئاً بإدارة ظهره إلى برج لندن، أمضى نورود عامين وهو يتقدّم 208 أميال شمالاً إلى يورك، وهو يمدد المقياس السّلسلي ويقيس به وهو ذاهب، وكان طوال الوقت يقوم بالتعديلات الأكثر وسوسة لارتفاع وانخفاض الأرض وتعرّجات الطريق. وكانت الخطوة الأخيرة هي قياس زاوية الشمس في يورك في الوقت نفسه من اليوم وفي الوقت نفسه من السنة كما قام بقياسه الأول في لندن. استنتج من هذا أنه يستطيع تحديد طول درجة من خط زوال الأرض، ومن ثمّ حساب المسافة حول الكلّ. كانت عملية طموحة بنحو مضحك تقريباً ذلك أن الخطأ في أدنى جزء من الدرجة سيؤدي إلى خطأ أميال كثيرة ولكن في الحقيقة - وكما قال نورود متباهياً - كان القياس صحيحاً «إلى مقدار ضئيل»، أو بدقة أكبر، إلى نحو ست مئة ياردة. و بلغ رقمه بالمصطلحات المترية 110.72 لكل درجة من القوس.

نُشر كتاب نورود العظيم عن فن الملاحة في 1637. حمل عنوان ممارسة البحّار وعثر على شهرة فورية. طُبع سبع عشرة طبعة وظل يُطبع مدة خمس وعشرين سنة بعد موته. عاد نورود إلى برمودا مع أسرته، حيث صار مزارعاً ناجحاً وكرّس ساعات فراغه لحبه الأول، علم المثلثات. عاش هناك ثمانية وثلاثين عاماً ونتمنى لو كان بوسعنا القول: إنه عاش هذه المدة في سعادة و إطراء. ولكنه لم يفعل ذلك. فحين خرج من إنكلترة وضع ولديه في كبين مع الموقّر ناثانييل وايت مما ألحق الأذى بالكاهن الشاب، المدة بحيث كرّس ما تبقى من حياته المهنية لاضطهاد نورود بأي طريقة صغيرة يستطيع التفكير بها.

سببت ابنتا نورود لأبيهما ألماً إضافياً ناجماً عن زواجهما غير الموّفق. فقد قام أحد الأزواج بتحريض من الكاهن باتهمات وضيعة متواصلة ضد نورود في المحكمة، مسبباً له كثير من الغضب واضطره إلى رحلات متكررة عبر برمودا؛ كي يدافع عن نفسه. أخيراً في خمسينيات القرن السادس عشر وصلت محاكمات السحر إلى برمودا، وأمضى نورود سنواته الأخيرة في قلق حادّ بحيث إنّ أوراقه عن علم المثلثات، برموزها المبهمة فُسّرتْ كاتصالات مع الشيطان ونفذ به حكم الإعدام المقيت. وهكذا فإن القليل معروف عن نورود بحيث يمكن القول: إنه كان يستحق سنواته الأخيرة الشقية. وما هو صحيح بنحو مؤكد هو أن هذا ما حدث له.

في غضون ذلك، انتقل زخم تحديد محيط الأرض إلى فرنسة. هناك، استنبط عالم الفلك جان بيكار منهجاً معقداً ومهماً في القياس المثلثاتي يتضمن ذوات الرّبع(*) والساعات ذات الرقاصات، وأجزاء عليا من السماء وتلسكوبات (لرصد حركات قمر المشتري). وبعد عامين من التدحرج والقياس المثلثاتي في طريقه عبر فرنسة، أعلن في 1669 قياساً أكثر صحة هو 110.46 كيلومتراً لدرجة واحدة من القوس. كان هذا مصدراً عظيماً لفخر الفرنسيين ولكنه كان محمولاً على فرضية أن الأرض كانت كرة كاملة؛ الأمر الذي رفضه نيوتن.

ومن أجل تعقيد المسائل، بعد وفاة بيكار كرر فريق الأب والابن، جيوفاني وجاك كاسيني، تجارب بيكار وكانت النتيجة اقتراحاً بأن الأرض ليست أضخم عند خط الاستواء، وإنما في القطبين: بمعنى آخر، إن نيوتن مخطئ. هذا ما حثّ أكاديمية العلوم على إرسال بوجوير ولا كوندامين إلى أمريكة الجنوبية؛ كي يقوما بقياسات جديدة.

اختارا الأنديز لأنهما كانا بحاجة إلى القياس قرب خط الاستواء، لتحديد إن كان حقاً هناك فرق في التكوّر هناك، ولأنهما استنتجا أن الجبال ستزوّدهما بإطلالات جيدة. والواقع أن جبال البيرو ضائعة باستمرار في الغيوم، بحيث إنّ

(*) أداة تُستخدم في الفلك والملاحة لقياس الارتفاع وتتألف من قوس مقسّم إلى 90 درجة.

الفريـق كان مضطـراً للانتظار أسابيع مـن أجل مسح واضح مـدة ساعة. فضلاً عـن ذلك، اختارا منطقة هي من بين الأصعب على وجه الأرض. يشير البيروفيون إلـى مشهدهم الطبيعي باسـم muy accidentado أي كثير الحوادث وهو كذلك بالتأكيـد. ولم يكـن علـى الفرنسيـين أن يتسلّقا بعضـ أصعب الجبـال في العالم الجبـال، التـي استعصت حتّـى على بغليهما فحسـب وإنما كان عليهمـا أيضاً كي يصـلا إلى الجبـال أن يجتازا أنهـاراً وحشيـة، ويشقّا طريقهما وسـط الأدغال، ويقطعـا أميالاً من الصحراء الحجرية المرتفعـة، معظمها لا خرائط له وبعيد عن أي مصدر للمؤن. ولكن بوجوير ولا كوندامين كانا عنيدين وقد تمسّكا بالمهمة طيلة تسعـة أعوام ونصف طويلة وكئيبة وحارقة. وقبـل وقت قصير من إتمام المشروع، سمعـا أن الفريق الفرنسي الثاني - الـذي يقوم بالقياسات في شمال إسكندينافيا (ويواجـه صعوبات مماثلة، من المستنقعـات الراكدة إلى قطع الجليد الطافية) - اكتشـف أن درجة كانت في الواقع أطول قرب القطبين، كما وعد نيوتن. إن الأرض هـي أضخم بثلاثة وأربعين كيلومتراً حين تُقاس استوائياً مما هو الأمر حين تُقاس من القمة إلى القاع حول القطبين.

وهكـذا أمضى بوجوير ولا كوندامين عقداً من الزمـن تقريباً يعملان من أجل نتيجـة لم يرغبـا باكتشافها، كـي يعلما فقط أنهمـا ليسا أول مـن اكتشفها. أتما مسحهما بكسل، مما أكّد أن الفريق الفرنسي الأول كان على صواب. ثم - (وكانا ما يزالان لا يتكلمان) - عادا إلى الساحل واستقلا سفينتين منفصلتين إلى الوطن.

هنـاك شيء آخر حدسه نيوتـن في كتاب المبادئ وهو أن خيط فادنٍ معلّق قرب جبل سيميل بشكل ضئيل جداً نحو الجبل، متأثراً بالكتلة المغنطيسية للجبل وكذلك بكتلة الأرض. كانت هذه أكثر من حقيقة مثيرة للفضول. إذا قستم الانحراف بنحو صحيـح واستنتجتم كتلة الجبل، فإن بوسعكم حسـاب الثابت الجاذبي الكوني أي القيمة الأساسية للجاذبية المعروف باسم (ج) ومعها كتلة الأرض.

حاول بوجوير ولا كوندامين القيام بهذا في جبل شمبورازو في بيرو، ولكنهما لم يُفلحا بسبب الصعوبات التقنية وشجارهما، وهكذا بقيت الفكرة معلقة طوال ثلاثين سنة أخرى إلى أن بعثها في إنكلترة نيفيل ماسكيلين، عالم الفلك الملكي. وفي كتاب دافا سوبل المشهور خطّ الطول، يُصور ماسكيلين بالمغفّل والوغد؛ لأنه أخفق في تقدير تألّق صانع الساعة جون هاريسون، ويمكن أن يكون هذا صحيحاً؛ ولكننا مدينون له بطرق أخرى لم تذكرها سوبل في كتابها، ومنها خطته الناجحة لوزن الأرض.

أدرك ماسكيلين أن لب المشكلة يكمن في العثور على جبل له شكل منتظم بما يكفي من أجل الحكم على كتلته. وبإلحاح منه، وافقت الجمعية الملكية على دعوة شخص جدير بالثقة؛ كي يسافر إلى الجزر البريطانية، ويرى إن كان يمكن العثور على جبل كهذا. عرف ماسكيلين تماماً هذا الشخص: إنه عالم الفلك والماسح تشارلز ماسون. صار ماسكيلين وماسون صديقين قبل إحدى عشرة سنة، بينما كانا منخرطين في مشروع لقياس حدث فلكي له أهمية عظيمة: مرور كوكب الزّهرة أمام الشمس. وقد اقترح إدموند هالي - الذي لا يتعب - قبل سنوات أنك إذا قست عمليات العبور هذه من نقاط مختارة على الأرض، تستطيع استخدام مبادئ المسح المثلثي لاستنتاج المسافة من الأرض إلى الشمس، ومن ثمّ كي تعاير المسافات إلى كل الأجرام الأخرى في المنظومة الشمسية.

إن عبور كوكب الزهرة - كما هو معروف - حدث غير منتظم لسوء الحظ. ويحصل مرتين كل ثماني سنوات، ومن ثم يغيب لقرن أو ما يقارب ذلك، ولم يحدث في مدة حياة هالي(*) . ولكن الفكرة احتدمت، وحين حدث العبور اللاحق في حينه في 1761 - تقريباً بعد عقدين من وفاة هالي - كان العالم العلمي في الواقع أكثر استعداداً مما كان عليه من قبل من أجل حدث فلكي.

(*) سيحدث العبور اللاحق في حزيران 2004، واللاحق في 2012 . لم يحدث أي منها في القرن العشرين.

انطلق العلماء إلى أكثر من مئة موقع في أنحاء الكوكب بغريزة المحنة، التي وسمت ذلك العصر: إلى سيبيريا و الصين وإفريقية الجنوبية وإندونيسيا وغابات وسكنسون، بين أمكنة أخرى كثيرة. أرسلت فرنسة اثنين وثلاثين راصداً، وأرسلت بريطانيا ثمانية عشر، وانطلق آخرون من السويد وروسية وإيطالية وألمانية وأيرلندة وأمكنة أخرى.

كانت هذه أول مغامرة علمية تعاونية في التاريخ، وقد واجهت المشكلات في معظم الأمكنة. عانى كثير من الراصدين من الحرب أو المرض أو غرقت سفنهم. وصل آخرون إلى وجهاتهم ولكنهم حين فتحوا صناديقهم وجدوا أن أجهزتهم محطمة أو أفسدتها الحرارة الاستوائية. ومرة أخرى بدا كأنه مقدر على الفرنسيين أن يقدموا معظم المشاركين غير المحظوظين المذكورين. فقد أمضى جان تشاب Jean Chappe شهوراً يسافر إلى سيبيريا بالعربة، والقارب ومركبة الجليد، معتنياً بأجهزته الحسّاسة عند كل قفزة مهلكة، فقط كي يجد المرحلة الأخيرة مسدودة بأنهار هائجة، نتيجة أمطار ربيعية غزيرة، التي سارع المحليون كي يحملوه مسؤوليتها بعد أن رأوه يوجّه أدوات غريبة نحو السماء. ولكن تشاب هرب ناجياً بحياته ولكن دون أدوات مفيدة.

وكان حظ غيوم لو جنتل أكثر سوءاً وقد لخّص تجاربه بشكل رائع تيموثي فيريز في كتابه بلوغ سن الرشد في الطريق اللّبنية. انطلق لو جنتل من فرنسة قبل سنة من الموعد؛ كي يرصد العبور من الهند ولكن نكسات مختلفة أبقته في البحر في يوم العبور - في أسوأ مكان - بما أن القياسات الثابتة مستحيلة في سفينة مهتزة.

واصل لو جنتل طريقه إلى الهند بشجاعة، كي ينتظر العبور اللاحق في 1796. وبما أنه كان أمامه ثماني سنوات كي يستعد، شيّد محطة رصد من المرتبة الأولى، واختبر وأعاد اختبار أجهزته ووضع كل شيء في حالة استعداد تامة. وفي صباح العبور اللاحق، 4 حزيران 1796، استيقظ في يوم رائع؛ ولكن، حين بدأ كوكب الزهرة عبوره، انزلقت سحابة أمام الشمس وبقيت هناك طوال مدة العبور التي هي ثلاث ساعات وأربع عشرة دقيقة وسبع ثوانٍ.

حزم لو جنتل أدواته بوقار وانطلق إلى أقرب ميناء، ولكنه أصيب على الطريق بالزُّحار وظلّ مستلقياً طيلة سنة. كان ما يزال ضعيفاً، ولكنه أخيراً صعد إلى سفينة. وكانت على وشك التحطم بسبب إعصار مقابل الساحل الإفريقي. حين وصل أخيراً إلى الوطن، بعد إحدى عشرة سنة ونصف من انطلاقه - ودون أن ينجز أي شيء - اكتشف أن أقرباءه أعلنوا أنه مات في أثناء غيابه وقاموا بنهب مزرعته.

بالمقارنة، كانت خيبات الأمل التي واجهها الراصدون البريطانيون الثمانية عشرة المبعثرون خفيفة. رافق ماسون ماسحٌ شاب يدعى جريمياه دكسون و كانت علاقتهما على ما يبدو جيدة، إذ أنهما شكّلا شراكة دائمة. كانت التوجيهات تقتضي أن يسافرا إلى سومطرة ويضعا خريطة للعبور من هناك، ولكن بعد ليلة واحدة في البحر هاجمت فرقاطة فرنسية سفينتهما (وبالرغم من أن العلماء كانوا في مزاج تعاون دولي، فإن الأمم لم تكن كذلك). أرسل ماسون ودكسون رسالة إلى الجمعية الملكية منبهين أن الأمر خطير بنحو كريه في أعالي البحار، وتساءلا إن كان ينبغي أن يتم الأمر). لكنهما تلقيا إجابةً سريعةً يحتوي على توبيخ بارد، وأنه تم الدفع لهما وأن الجماعة العلمية تعتمد عليهما، وأن إخفاقهما في المتابعة سيؤدي إلى فقدانهما الذي لا يُعوّض لسمعتهما. اضطرا إلى الإبحار، ولكن على الطريق وصلهما أن سومطرة وقعت في يد الفرنسيين، وهكذا رصدا العبور بشكل غير كافٍ من رأس الرجاء الصالح. وفي طريق العودة إلى الوطن عرّجا على جزيرة القديسة هيلينا الأطلسية المعزولة، حيث قابلا ماسكيلين، الذي أعاقت السحابة رصده. شكّل ماسون وماسكيلين صداقة قويّة وأمضيا أسابيع ممتعة ومفيدة في رسم خرائط المد والجزر.

بعد ذلك حالاً، عاد ماسكيلين إلى إنكلترة، حيث أصبح عالم فلك ملكياً، أما ماسون ودكسون اللذان هما الآن على ما يبدو أكثر تأقلماً، فقد أمضيا أربع سنوات طويلة مهلكة يمسحان طريقهما عبر 244 ميلاً من البرية الأميركية الخطرة؛ كي يحلّا نزاعاً على الحدود بين مستعمرتي وليم بن واللورد بالتيمور الشخصيتين

بنسلفانيا وماريلاند. كانت النتيجة خط ماسون دكسون الشهير، الذي اكتسب فيما بعد أهمية رمزية كخط يفصل بين الولايات الحرة وولايات العبيد. (بالرغم من أن الخط كان مهمتهما الرئيسة، فإنهما أيضاً أسهما في مسوحات فلكية عديدة، وبينها أكثر القياسات صحّة في القرن لدرجة خطّ الزوال، وكان هذا إنجازاً حقق لهما من الشهرة في إنكلترة أكثر بكثير من حل نزاع على الحدود بين أرستقراطيين فاسدين).

حين عاد إلى أوروبة، أُجبر ماسكيلين ونظراؤه في ألمانية وفرنسة على قبول خاتمة أن قياسات العبور في 1761 كانت جوهرياً خائبةً. وكانت المفارقة أن إحدى المشكلات هي كثرة عمليات الرصد، التي حين جُمعت سوية، غالباً ما برهنت أنها متناقضة ومن المستحيل حلّها. وقام بالقياس الناجح لعبور كوكب الزهرة قبطان بريطاني غير معروف ولد في يوركشير يدعى جيمس كوك James Cook، الذي راقب العبور الذي تم في سنة 1769 من قمة هضبة مشمسة في تاهيتي، ثم ذهب كي يضع خريطة لأسترالية وطالب بإلحاقها بالتاج البريطاني. لدى عودته كان هناك ما يكفي من المعلومات لعالم الفلك الفرنسي جوزيف لالاند Joseph Lalande كي يحسب أن متوسّط البعد من الأرض إلى الشمس كان أكثر بقليل من 150 مليون كيلومتر. (حدث عبوران آخران في القرن التاسع عشر سمحا لعلماء الفلك أن يجعلوا الرقم 149.59 مليون كيلومتر، حيث بقي منذ ذلك الوقت). ونعرف الآن أن المسافة الدقيقة هي 149.59780691 مليون كيلومتر. صار للأرض أخيراً موقع في الفضاء.

* * *

عاد ماسون ودكسون إلى إنكلترة كبطلين علميين، ولكنهما حلّا شراكتهما لأسباب مجهولة. وبالرغم من تكرّر بروزهما في الأحداث الإبداعية في علم القرن التاسع عشر،فإنه من الغريب أنه لم يُعرف عنهما سوى قليل. لا يوجد صور لهما ولم يبقَ إلا بعض الإشارات المدوّنة. ويقول قاموس السِيَر الذاتية القومية عن

دكسون بنحو خادع إنه قيل: «إنه وُلد في منجم للفحم»، ثم يترك الأمر لخيال القارئ كي يقدم ظرفاً تفسيرياً قابلاً للتصديق، ويضيف أنه مات في دورمهم عام 1777. وبغض النظر عن اسمه وصداقته الطويلة مع ماسون، لا شيء أكثر من هذا كان معروفاً عنه.

كان ماسون أقل غموضاً بنحو ضئيل. نعرف أنه قبل عام 1772 وبطلب من ماسكيلين مهمة العثور على جبل ملائم من أجل تجربة الانحراف الجاذبي، وأخيراً أجاب أن الجبل الذي يحتاجون إليه موجود في الأراضي الأسكتلندية الوسطى المرتفعة، تماماً فوق (لوتش تي)، وكان يُدعى (تشيهاليون). لا شيء، على أي حال، سيغويه كي يمضي الصيف في مسحه. لم يعد أبداً إلى الميدان مرة ثانية. كانت حركته اللاحقة المعروفة في 1786 حين - بنحو مفاجئ وغامض - ظهر في فيلادلفيا مع زوجته وأطفاله الثمانية، وكان على ما يبدو على شفا الفقر المدقع. ولم يعد إلى أمريكة منذ أن أكمل مسحه هناك قبل ثماني عشرة سنة، ولم يكن لديه سبب معروف لوجوده هناك، ولم يكن هناك أي أصدقاء أو رعاة كي يرحّبوا به. بعد بضعة أسابيع وافته المنية.

بعد أن رفض ماسون مسح الجبل، وقع العمل على عاتق ماسكيلين. وهكذا عاش ماسكيلين مدة أربعة أشهر في صيف 1774 في خيمة في وادٍ أسكتلندي ضيق ومنعزل وبعيد وأمضى أيامه يدير فريقاً من الماسحين الذين قاموا بمئات القياسات من جميع المواضع الممكنة. واقتضى الأمر للعثور على كتلة الجبل من كل هذه الأرقام كمية كبيرة من الحسابات المملّة، التي انخرط فيها عالم رياضيات يُدعى تشارلز هتون Charles Hutton. غطّى الماسحون خريطة بأعداد كبيرة من الأرقام، وكلّ منها يُحدّد ارتفاعاً في نقطة ما في الجبل أو حوله. كانت كتلة مشوّشة من الأرقام، ولكن هتون لاحظ أنه إذا استخدم قلم رصاص كي يصل بين النقاط ذات الارتفاع المتساوي، فإنها ستصبح كلّها أكثر ترتيباً. وبالفعل، يستطيع المرء أن يفهم على الفور حجم الجبل الكلي ومنحدره. لقد ابتكر الخطّ الكفافي.

مقدّراً من قياساته لجبل تشيهاليون، حسب هتون كتلة الأرض بأنها تبلغ خمسة آلاف مليـون مليـون طن، ويمكـن أن يُستنتج منها بنحو معقـول حجم كل الأجرام الرئيسـة في المنظومـة الشمسيـة. وهكذا من هـذه التجربة عرفنـا حجم الأرض والشمس والقمـر والكواكب الأخـرى وأقمارها، وحصلنا علـى خطوط كفافيّة في الصفقة، وهذا ليس سيئاً مقابل عمل الصيف.

لم يقتنـع الجميع بالنتائج، على أي حال. إن تجربة قياس تشيهاليون هو أنه لم يكـن من الممكن الحصول على رقم صحيح دون معرفة الكثافة الفعلية للجبل. من أجـل التبسيط، افترض هتون أن للجبـل كثافة الصخور العادية نفسها، وأكبر من كثافة الماء بمرتين ونصف، ولكن هذا التخمين لم يكن علمياً.

كان أحد الأشخاص الذين ركزوا تفكيرهم على المادة ريفياً يُدعى جون متشيل John Mitchel، سكـن في قريـة يوركشير المنعزلة ثورنهيـل. وبالرغم من موقعه البعيـد نسبيـاً والمتواضـع، كان ميتشيل أحـد أعظم المفكريـن العلميين في القرن الثامن عشر، وقد حظي باحترام كبير من أجل هذا.

فهـم ميتشيل - بين أمور أخرى كثـيرة جداً - الطبيعة التموّجية للزلازل، وقام بكثـير من البحث الأصيـل في المغناطيسية والجاذبية، و تصـوّر بنحو فائق للعادة تمامـاً، احتمال وجود الثقوب السوداء قبل 200 عام مـن أي شخص آخر، وكانت هـذه قفزة حتى نيوتن لم يستطع القيام بها. وحين قرّر الموسيقار المولود في ألمانية ويليم هرشل William Herschel أن اهتمامه الأساسي في الحياة هو علم الفلك، استدار إلى ميتشيل كي يرشده في صناعة التلسكوبات، وكان هذا لطفاً أصبح علم الكواكب مديناً له به منذ ذلك الوقت(*) .

ولكـن مـن بين كل ما أنجـزه ميتشيل، لا شيء كان أكثر براعـة وتأثيراً من آلة صمّمهـا وبناهـا لقياس حجم الأرض. ولسـوء الحظ، وافته المنية قبـل أن يتمكّن

(*) في 1781 أصبـح هرشـل أول شخص في الحقبة الحديثة يكتشف كوكباً. أراد أن يسمّيه جورج، على اسم الملك البريطاني، ولكن رغبته نُقضت. وبدلاً من ذلك دُعي أورانوس.

من القيام بالتجـارب، وعُهد بكل من الفكرة والأجهزة الضرورية إلى عالم لندني متألق ومتقاعد يدعى هنري كافندش Henry Cavendish.

يشـكّل كافندش كتاباً بنفسـه. فقد ولد في حياة من الترف الشهوي. كان جداه دوقـين، على التعاقب، لكل من ديفونشير وكينت وكان أكثر العلماء الإنكليز موهبة في عصره، ولكنه كان أغربهم أيضاً. ولقد عانى - كما عبّر أحد كتّاب سيرته - من الخجـل، «إلى درجـة تقارب المرض». وكان أي اتصال بشـري بالنسبة له مصدراً للتعب الأكبر.

مـرةً فتح بابه ليعثر علـى معجبه النمساوي - وقد وصل لتـوّه من فيينا - عند العتبـة. بـدأ النمساوي مثاراً يطـري له المديح. تلقـى كافندش الإطـراءات لعدة لحظـات وكأنهـا ضربـات مـن شيء حـادّ، وحـين لم يقدر علـى تلقّـي أي إطراء إضـافي، هرب سالكاً الممر ثم خـرج من البوابة، تاركاً الباب الأمامي مفتوحاً على مصراعيـه. ومرت عـدة ساعات قبل أن يقبل العودة إلـى ملكيته. حتى إن خادمه اتصل به مرسلاً رسالة.

كان يغامـر أحيانـاً ويخرج إلى المجتمع وخصص وقتـاً للسهرات العلمية، التي كان يستضيفهـا عالم الطبيعة العظيم السير جوزف بانكس Sir Joseph Banks. وكان يتم التوضيح دوماً للضيوف الآخرين أنه يجب ألا يُنظر إلى كافندش، أو يتم الاقتراب منه مهما كان السبب. نُصح الذين جذبتهم أفكاره بأن يقتربوا منه وكأن ذلـك تم بالمصادفة وبـأن «يتحدثـوا وكأن الأمر في فـراغ».إذا كانت ملاحظاتهم جديـرة علميـاً يمكـن أن يتلقوا إجابـة مغمغمـةً، ولكنهم كانوا في غالـب الأحيان يسمعـون صوتاً قصـيراً حاداً مزعجاً (يبدو أن لصوته نـبرة عالية)، ويستديرون ليجدوا فراغاً فعلياً ومشهد كافندش هارباً إلى زاوية أكثر هدوءاً.

سمحـت لـه ثروتـه وميوله إلـى العزلـة أن يحـوّل منزله في (كلابمهـم) إلى مختـبر ضخم حيث استطاع أن يبحث دون أن يزعجـه أحد في جميع فروع العلوم الفيزيائيـة: الكهرباء، والحرارة، والجاذبية، والغـازات، وأي شيء يتعلّق بتركيب

المـادة. كان النصف الثاني من القرن الثامن عشر يتميّز بميل العقول العلمية إلى الاهتمـام الكبـير بالمواصفات الفيزيائيـة للأشياء الجوهرية الغـازات والكهرباء خاصـةً، وبدؤوا يرون ما يمكن أن يفعلوه بها، وغالباً بحماس أكبر من العقل. ففي أمريكـة، جـازف بنجامـين فرانكلين بحياته كمـا هو معروف عـبر تطيير طائرة ورقيـة في عاصفة كهربائيـة. وفي فرنسة اختبر كيماوي يُدعى بيلاتر دو روسازييه Pilatre de Rosazier اشتعـال الهيدروجـين عن طريق ابتـلاع كمية ونفخها على اللهـب المكشوف، مبرهنـاً بضربة أن الهيدروجين قابـل للاشتعال بنحو انفجاري وأن الحاجبـين ليسا بالضرورة سمة دائمة للوجه. وبدوره، أجرى كافندش تجارب أخضـع فيها نفسـه لصدمات كهربائيـة متدرّجة، منتبهـاً بذكاء إلـى المستويات المتزايدة للألم إلى درجة أنه لم يعد يستطيع التحكّم بوشيعته أو وعيه. وفي مجرى حيـاة طويلة، قـام كافندش بسلسلة من الاكتشافـات الرائعة بين أمور كثيرة، كان الشخص الأول الذي عزل الهيدروجين وأوّل من مزج بين الهيدروجين والأوكسجين كـي يشـكّل الماء. وكانت الأمور التي فعلها غريبة مثلـه. وكان يلمّح دوماً في أعماله المنشورة إلى نتائج تجارب لم يخبر أحداً عنها مما سبّب السخط الدائم لزملائه العلمـاء. لم يكـن يشبه نيوتن في سرّيتـه فحسب، وإنما تجاوزه بقـوة. وقد سبقت تجاربه في توصيل الكهرباء زمنها بقرن، ولكن لسوء الحظ بقيت غير مكتشفة إلى أن مـرّ ذلك القـرن. وبالفعل لم يُعرف الجزء الأكبر مما فعلـه حتى أواخر القرن التاسـع عشـر، حين تولّى عـالم الفيزياء مـن كمبريدج جيمس كلـيرك ماكسويل James Clerk Mxwell مهمـة تحقيـق أبحـاث كافندش، وفي ذلـك الوقت كانت تعزى اكتشافاته للآخرين دوماً.

ومن بين كثيرٍ من الأمور، ودون أن يخبر أحداً، اكتشف كافندش أو توقّع قانون بقاء الطاقـة(*)، وقانون أوم، وقانون دالتون عن الضغوط الجزئية، وقانون رختر

(*) مبـدأ في الفيزيـاء يقـول: إن الطاقة الإجمالية لأي نظـام مادّي تظل ثابتـة بصرف النظر عن التغـيّرات الداخليـة مهما تكن، وأن ما يختفي من الطاقـة في أحد أشكالها يعاود الظهورَ في شكل آخر. المترجم.

عـن النسب المتبادلة، وقانون لو للغـازات، ومبادئ التوصيل الكهربائي. كانت هذه بعض إنجازاته فحسب. وقـال المؤرخ العلمي ج.غ. غروسـر J.G. Growther: إن كافندش أشار إلى «عمل كلفن وج.هـ. داروِن عن تأثير الاحتكاك المدّي في إبطاء دوران الأرض، واكتشـاف لامور، الـذي نُشر في 1915، عن تأثـير التبريد الجوي المحلـي... وعمل بيكرينج عن خلائط التجميد، وبعض عمل روسبوم عن التوازن المغايـر». وأخـيراً، ترك مفاتيـح قادت مباشـرة إلى اكتشاف مجموعـة العناصر المعروفـة بالغازات الخاملـة(*)، التي كان بعضها مخادعاً، بحيـث إنّه لم يُكتشف آخر غاز منها حتى 1962. ولكن اهتمامنا ينصبُّ هنا على تجربه كافندش الأخيرة المعروفـة - حين في أواخر صيـف 1797، وفي عمر السابعة والستين - أدار انتباهه إلى صناديق الأجهزة التي تركها له جون ميتشل بسبب احترامه العلمي له.

حـين تم تجميع أجهزة ميتشل لم تبد كونها نسخـة من القرن الثامن عشر من آلـة نوتيلوس للتدريب على الأثقال. كانت تحتوي علـى الأوزان، والأوزان المضادة، والبنـدولات والمقابض والأسـلاك الالتوائية. وفي قلب الآلـة كان هنـاك كُرتان من الرصاص يبلغ وزنهما 350 رطـلاً، تتدلّيان قرب كرتين أصغر. وكانت الفكرة هي قياس الانحراف الجاذبي للكرتين الأصغـر بواسطة الكرتين الأكبر، مما سيؤدي إلـى القياس الأول للقوة المخادعة المعروفة باسم الثابت الجاذبي، الذي منه يمكن أن يُستنتج وزن الأرض (بحصر المعنى كتلتها)(**).

ولأن الجاذبيـة تحفـظ الكواكب في مدارهـا وتجعل الأشيـاء الساقطة تسقط وتنفجر، نميل إلى التفكير بها بوصفها قوة جبّارة، لكنها ليست كذلك في الحقيقة.

(*) غاز فاقد النشاط، كيمائياً، فهو لا يثير أي تفاعل مع الأجسام التي يتّصل بها.

(**) بالنسبة للعالم الكتلة والوزن شيئان مختلفان تماماً. فكتلتك تبقى نفسها أينما ذهبت، ولكن وزنـك يتنـوّع بحسب بعدك عن شيء ضخم كالكوكب. فإذا سافـرت إلى القمر فستلاحظ أنك أخـف وزناً ولكن ليس أقل كتلـة. ولأسباب عملية، الكتلة والوزن همـا الشيء نفسه على الأرض وهكذا يمكن أن يُعد المصطلحان مترادفين، على الأقل خارج غرفة الصف.

إنها فقط جبارة بمعنى جمعي، حين يصدم شيء ضخم كالشمس، جرماً آخر كبيراً كالأرض. وفي مستوى أولي الجاذبية غير قوية بنحو فائق للعادة. ففي كل مرة تلتقط فيها كتاباً عن الطاولة أو قطعة نقدية عن الأرض، فإنك تتغلب دون جهد على الجهد الجاذبي لكوكب بأكمله. ما كان كافندش يحاول فعله هو قياس الجاذبية على هذا المستوى الذي هو بوزن الريشة.

كانت الرهافة هي الكلمة الأساسية. لا يمكن السماح لهمسة مزعجة بالدخول إلى غرفة تحتوي على الأجهزة، بحيث إنّ كافندش اتّخذ موقعاً في غرفة مجاورة، وقام بأرصاده بتلسكوب موجّه عبر ثقب. كان العمل دقيقاً بنحو لا يُصدق، وتضمّن سبعة عشر قياساً حساساً ومتداخلاً، استغرق إنجازها عاماً كاملاً. وحين أنهى أخيراً حساباته، أعلن كافندش أن وزن الأرض يبلغ أكثر بقليل من 13.000.000.000.000.000.000.000 رطل، أو ستة بلايين ترليون طن متري(*)، إذا استخدمنا القياس الحديث.

يمتلك العلماء اليوم تحت تصرّفهم آلات دقيقة جداً، بحيث يستطيعون معرفة وزن بكتيريا واحدة وحساسة جداً، وبحيث إنّ القراءات يمكن أن يزعجها شخص يتثاءب على بعد خمسة وسبعين قدماً، لكنها ليست أفضل بكثير من أجهزة كافندش في 1797. إن التقدير الأفضل الحالي لوزن الأرض هو 5.9725 بليون ترليون طن، والفرق هو نحو 1% عن رقم كافندش. المهم، هو أن هذا أكّد التقديرات التي قام بها نيوتن قبل 110 أعوام من كافندش دون أي دليل تجريبي مطلقاً.

على أي حال، عرف العلماء في أواخر القرن التاسع عشر بدقة كبيرة حجم الأرض وأبعادها وبعدها عن الشمس والكواكب؛ والآن، قدّم لهم كافندش - حتى دون أن يغادر منزله - وزنها. وهكذا يمكنكم أن تفكّروا أن تحديد عمر الأرض

(*) الطن المتري يعادل ألف كيلوغرام. المترجم.

دقيــق بشكل نسبي. فقــد كانت المواد الضرورية متوافرة لهم في الواقع. ولكن كلا. إن البشــر سيشطرون الذرّة ويخترعون التلفاز، والنـايلون والقهوة السريعة قبل أن يستطيعوا تخمين عمر كوكبهم.

كـي نفهم لمــاذا، ينبغـي أن نسافر شمالاً إلــى أسكتلندة ونبدأ مــع رجل متألّق وعبقري، لم يسمع به سوى قلّة، هو الذي كان قد أبدع لتوّه علماً يُدعى الجيولوجيا.



الفصل الخامس

كسّارو الحجارة

في الوقت الذي كان فيه هنري كافندش يُكمل تجاربه في لندن، كان هناك على بعد أربع مئة ميل في أدنبرة نوع آخر من لحظة ختامية، كانت على وشك أن تحدث مع موت جيمس هتون. كانت هذه أنباء سيئة لهتون بالطبع، لكنها أنباء طيبة للعلم بما أنها فتحت الطريق لرجل يُدعى جون بليفر John Playfair كي يعيد كتابة عمل هتون دون خوف من الارتباك.

كان هتون - كما تفيد جميع الروايات - رجل الاستبصارات الأكثر عمقاً والأحاديث الأكثر حيوية، وكانت رفقته ممتعة، ولا يضاهيه أحد حين يتعلّق الأمر بفهم العمليات الغامضة البطيئة التي صاغت الأرض. ولسوء الحظ، لم يكن قادراً على وضع أفكاره في صيغة قابلة للفهم. كان، كما قال أحد كتّاب السيرة بحسرة: «غير موهوب لغوياً». وكان كل سطر كتبه يسبب النعاس. وهذا واضح في كتابه العظيم الذي نُشر 1795، بعنوان نظرية للأرض ببراهين ورسوم توضيحية، الذي يناقش... حسناً، شيئاً ما:

«إن العالم الذي نعيش فيه مؤلف من مواد، وليس من الأرض التي كانت الوريث المباشر للحاضر، ولكن من الأرض التي، في صعودها من الحاضر نعدّها بأنها الثالثة، التي سبقت الأرض التي كانت فوق سطح البحر، بينما كانت أرضنا الحالية ما تزال تحت مياه المحيط».

مع ذلك، أنشأ وحده، وببراعة، علم الجيولوجيا وغيّر فهمنا للأرض. وُلد هتون عام 1726 لأسرة أسكتلندية ثرية، وتمتّع بالراحة المادية التي سمحت له أن يمضي مدة طويلة من حياته في دورة موسّعة عبقرية من العمل الخفيف والتحسّن الفكري. درس الطبّ، لكنه لم يشعر بميل نحوه واختار بدلاً من ذلك الزراعة،

التي عمل فيها بطريقة مسترخية وعلمية في عزبة العائلة في برويكشير، متعباً من الحقل والماشية، انتقل في 1768 إلى أدنبرة، حيث أسّس عملاً ناجحاً منتجاً ملح النُّشادر من سخام الفحم، وشغل نفسه باهتمامات علمية متنوّعة. كانت أدنبرة في ذلك الوقت مركزاً للنشاط الفكري وقد استفاد هتون من جوها الغني. صار عضواً بارزاً في جمعية دُعيت نادي أويستر، حيث كان يمضي أمسياته في رفقة رجال مثل عالم الاقتصاد آدم سميث، وعالم الكيمياء جوزف بلاك والفيلسوف ديفد هيوم، وكذلك بعض الشرارات الزائرة مثل بنجامين فرانكلين وجيمس واط.

وبحسب تقاليد تلك الأيام، اهتمّ هتون بكل شيء تقريباً، من علم المعادن إلى الميتافيزيقيا. وقام بتجارب في المواد الكيماوية، واستقصى طرق تعدين الفحم الحجري وشق القنوات، وزار مناجم الملح، وتأمل في آليات الوراثة، وجمع المستحاثّات وقدّم نظريات عن الأمطار، وبنية الهواء وقوانين الحركة، بين أمور كثيرة. ولكن اهتمامه الأساسي انصبّ على الجيولوجيا.

ومن بين المسائل التي شدّت الانتباه في ذلك العصر الاستقصائي بنحو مسعور كانت مسألة حيّرت البشر مدة طويلة، وأعني لماذا كان يُعثر على أصداف البطلينوس ومستحاثات بحرية أخرى غالباً في قمم الجبال. كيف حصل ووصلت إلى هناك؟ إن الذين اعتقدوا أنّ لديهم حلاً انقسموا إلى معسكرين مختلفين. كان أحد المعسكرين يُعرف باسم النبتونيين Neptunists، الذين اقتنعوا أن كل شيء على الأرض - بما فيه الأصداف البحرية في الأماكن المرتفعة - يمكن أن يُشرح عن طريق ارتفاع وانخفاض مستويات البحر. اعتقدوا أن الجبال والتلال والسمات الأخرى قديمة قدم الأرض، ولم تتغيّر إلاّ حين اندفعت المياه فوقها في أثناء مدد من الطوفان العالمي.

ولكن كان يعارضهم البلوتونيون Plutonists الذين قالوا: إن البراكين والزلازل - بين وسائط أخرى حية - تغيّر باستمرار وجه الكوكب ولكنها لا تدين بأي شيء للبحار المتقلبة. طرح البلوتونيون أيضاً أسئلة مهمة مثل: إلى أين تذهب المياه

كلّهـا حـين لا تطوف. لو كان هناك ما يكفي منها أحياناً لغمر جبال الألب، إذاً أين هـي - بحـق الله - في أثناء أوقات الهدوء، مثـل الآن؟ اعتقدوا أن الأرض خاضعة لقـوى داخلية عميقة، كما هو الأمر لقـوى سطحية. على أي حال، لم يستطيعوا أن يشرحوا بنحو مقنع كيف وصلت كل أصداف البطلينوس إلى هناك.

في أثنـاء الحيرة مـن كل تلك الأمور وصـل هتون إلى سلسلة مـن الاكتشافات العميقـة. فعـبر النظر إلى أرض مزرعتـه، استطاع أن يـرى أن التربة ناجمة عن حت الصخـور وأن جزيئات هذه التربة تذهب بعيـداً باستمرار، وتنقلها الجداول والأنهـار، وتعيد إيداعها في أمكنة أخـرى. وأدرك أنه لو استمرت هذه العملية إلى خاتمتها الطبيعية لتآكلت الأرض وصغرت. مع ذلك، في كل مكان حوله، كان هناك تلال. وعلى ما يبدو يجب أن تكون هناك عملية إضافية، نوع من التجديد والترقّي، ينشئ تلالاً وجبالاً جديدة لجعل الدورة تستمر. إن المستحاثات البحرية على قمم الجبال - كما قال - لم تُودع في أثناء الطوفانات، وإنما نهضت مع الجبال نفسها. وقـد استنتـج أيضاً أن الحـرارة التي في باطـن الأرض هي التـي خلقت الصخور والقـارات ورفعـت سلاسل الجبـال. ولا نبالـغ إذا قلنا: إن علمـاء الجيولوجيا لم يفهمـوا التعقيـدات الكاملة لهـذه الفكرة إلا بعد مئتي عام، حـين تبنّوا في النهاية مفهـوم الألـواح التكتونية للأرض(*). قبـل كل شيء، ما اقترحتـه نظريات هتون هـو أن العمليات التي شكّلت الأرض تتطلّب زمناً طويلاً جداً، أكثر مما حلم به أي شخـص بكثـير. كان هناك ما يكفي من الاستبصارات هنـا لتغيير فهمنا للكوكب بشكل كامل.

في عام 1785 عبّر هتون عن أفكاره في مقالة طويلة قُرئت في اجتماعات متتالية للجمعيـة الملكيـة في أدنبرة. لكنها لم تشـدّ انتباه أحد مطلقـاً. وليس من الصعب معرفة السبب في ذلك. ونوضح لكم هنا جزئياً كيف قدّمها للقراء:

(*) فرع من الجيولوجيا يبحث في المعالم التركيبية الكبرى للأرض وأسبابها. المترجم.

في إحدى الحالات، إن علّة التشكيل هي في الجرم المنفصل؛ ذلك أنه، بعد أن حفّزت الحرارة الجرم، فإنّه بفعل رد فعل المادّة الملائمة تشكّل الصدع الذي شكّل الشقّ. وفي الحالة الأخرى مرة ثانية، إن العلّة عرضيّة بالعلاقة مع الجرم الذي تشكّل فيه الصدع. لقد حدث التمزّق والانكسار الأكثر عنفاً؛ ولكن العلّة ما تزال غير مكتشفة، ولا تظهر في الشق؛ إذ ليس في كلّ تمزّق وتصدّع للجرم الصلب لأرضنا، يُعثر على المعادن، أو المواد الملائمة للعروق المعدنية.

من نافلة القول: إنه لا أحد تقريباً من الجمهور امتلك أدنى فكرة عمّا كان يتحدث عنه هتون. وحين شجّعه أصدقاؤه كي يوسّع نظرياته، آملين أن يعبر عن الوضوح في صيغة أكثر شمولاً، أمضى هتون السنوات العشر اللاحقة في تحضير أعظم كتبه، الذي نُشر في جزأين سنة 1795.

وصل المجلدان إلى ألف صفحة تقريباً، وكانا - بنحو ملحوظ - أسوأ حتّى مما خشي منه أصدقاؤه الأكثر تشاؤماً. فبغض النظر عن أي شيء آخر، تألف نصف العمل المنجز من اقتباسات من مصادر فرنسية، وباللغة الفرنسية. كان المجلّد الثالث غير مغرٍ، بحيث إنّه لم يُنشر حتى عام 1899، بعد أكثر من قرن على وفاة هتون، ولكنّ الجزء الرابع الختامي لم يُنشر أبداً. إن كتاب هتون نظرية الأرض يعد أقل الكتب العلمية قراءة (أو على الأقل سيكون كذلك إن لم يكن هناك كتب أخرى كثيرة). أقرّ حتّى تشارلز ليل Charles Lyell، أعظم علماء الجيولوجيا في القرن اللاحق - الذي قرأ كلّ شيء - أنه لا يستطيع مواصلة قراءته.

ولحسن الحظ، كان لدى هتون كاتب سيرة يدعى جون بليفر John Playfair؛ كان أستاذ الرياضيات في جامعة أدنبرة وصديقاً حميماً لهتون، الذي لم يكتب بنثر جميل فحسب وإنما بفضل قضاء سنوات كثيرة إلى جانب هتون فهم أيضاً ما الذي كان هتون يحاول قوله، معظم الوقت. وفي 1802، بعد خمس سنوات من وفاة هتون، ألّف بليفر شرحاً مبسّطاً للمبادئ الهتونيّة تحت عنوان توضيحات للنظرية الهتونيّة في الأرض. وتم تلقي الكتاب بامتنان من قبل أولئك الذين كانت لديهم

اهتمامـات حقيقيـة في الجيولوجيا، الذين لم يكن عددهم كبـيراً في سنة 1802. وكان هذا على وشك التغيّر، على أي حال.

في شتـاء 1807 اجتمع ثلاثـون شخصاً لهم هدف مشـترك في لندن في فندق فريماسونس في لـونج إيكـر، وكوفنت بـارك، لتشكيل نادي عشـاء دُعي الجمعية الجيولوجيـة. اتّفقـوا على اللقاء مـرة في الشهر كي يتبادلوا الأفـكار الجيولوجية في أثنـاء تناول كأسـ أو اثنين من نبيذ جزيرة ماديرا وعشـاء مرح. وقد رُفع ثمن العشـاء قصـداً إلى 15 شلناً؛ كي لا يأتي أولئـك الذين لا يمتلكون سوى اهتمامات فكريـة. وتوضّـح حالاً أنه كان هنـاك طلب لشيء أكبر، ولمقـر دائم حيث يستطيع الناس أن يجتمعوا لمناقشة مكتشفات جديدة. وصل عدد الأعضاء إلى أربع مئة في مدة عقد تقريباً وكلهم سادة، بالطبع وكانت الجمعية الجيولوجية تهدّد بأن تطغى على الجمعية الملكية كجمعية علمية رئيسة في البلاد.

كان الأعضـاء يلتقـون مرتين في الشهر من تشرين الثـاني إلى حزيران، حيث كان كلّ واحـد منهم يسافر لقضاء الصيف في القيام بعمل ميداني. لم يكن هؤلاء أشخاصـاً يمتلكون اهتمامـات ماليّة بالمعادن - أو حتـى أكاديميين - وإنما مجرّد سـادة يمتلكون الـثروة والوقـت للانغماس في هواية علـى مستوى مهنـيّ تقريباً. وبحلول 1830 كان هناك 745 منهم، ولن يشهد العالم مثيلاً لذلك.

من الصعب أن نتصوّر هـذا الآن، ولكن الجيولوجيا أثارت القرن التاسع عشر استحـوذت عليه بالمعنى الإيجابي بطريقـة لم يفعلها أي علم من قبل أو فيما بعد. وفي 1839، حـين نشر رودرك مرتشيسـون Roderick Murchison كتابه النظام السليـوري(*)، وهـو دراسـة مباشـرة وجدّيـة إلى حـد الملل لنمط مـن الصخور يُدعـى صخور الطين البازلتيـة الرمادية، حقّق على الفور أفضـل المبيعات، وطُبع أربـع طبعات، بالرغم مـن أن النسخة كانت تكلّف ثمانية جنيهـات، وكان أسلوبه مستعصيـاً على القراءة على غـرار أسلوب هتون. (وكما قـال داعم مرتشيسون،

(*) صفة للعصر الثالث من الدهر القديم. المترجم.

كانت تنقصه «الجاذبية الأدبية». وحين، -في عام 1841 - سافر العظيم تشارلز لِيَل إلى أمريكة؛ كي يلقي سلسلة من المحاضرات في بوسطن، كان يحضرها جمهور مؤلف من ثلاثة آلاف شخص كل مرة في مؤسسة لويل؛ كي يستمعوا إلى وصفه المهدّئ للزِّيوليت(*) البحري والاضطرابات الزلزالية في كامبانيا.

وفي أنحاء العالم الحديث المفكّر - ولا سيما في بريطانية - غامر رجال العلم وذهبوا إلى الريف؛ كي يقوموا بقليل من «تكسير الأحجار»، كما سمّوا الأمر. وكانت هذه عملية أُخذت على محمل الجد وكانوا يميلون إلى أن يلبسوا - بوقار ملائم - قبعات وبذلات سوداء، ما عدا الموقّر وليم بكلاند William Buckland من أكسفورد، الذي كان من عادته أن يقوم بعمله الميداني مرتدياً زيّه الأكاديمي.

لقد جذب الميدان كثيراً من الشخصيات الفائقة للعادة، وليس فحسب مرتشيسون الذي ذُكر سابقاً، الذي أمضى الثلاثين سنة الأولى من حياته يعدو وراء الثعالب، محوّلاً الطيور إلى أشلاء من الريش المتطاير بالخردق، ولم يظهر رشاقة ذهنية أكثر من الحاجة لقراءة صحيفة التايمز أو لعب دورة من ألعاب الورق. ثمّ اكتشف اهتمامه بالصخور وصار عملاقاً في التفكير الجيولوجي بسرعة مذهلة.

كان هناك أيضاً الدكتور جيمس باركنسون James Parkinson، الذي كان في بداية حياته اشتراكياً ومؤلّفاً لكثير من النشرات التحريضيّة بعناوين مثل «ثورة دون سفك دماء». وفي 1794 تورّط في مؤامرة بدت جنونية دُعيت «مؤامرة بندقية الهواء(**)»، خُطّط فيها لإطلاق سهم مسموم على الملك جورج الثالث في العنق وهو يجلس في مقعده في المسرح. استدعي باركنسون للتحقيق أمام مجلس شورى الملك وكان على شفا النفي مقيّداً إلى أسترالية قبل أن تُسقط عنه التهم. متبنياً

(*) أيّ من مجموعة من سليكات الألومنيوم المائية تشتمل على صوديوم أو كلسيوم أو بوتاسيوم أو باريوم وعلى نسبة كبيرة من الماء. والزيوليتات معادن ليّنة نسبياً وتكون في الصخور البركانية ولا سيما البازلت. المترجم.

(**) بندقيةٌ دميةٌ للأطفال تُطلق فلّينةً وتُحدثُ صوتاً مفرقعاً. المترجم.

مقاربـة للحيـاة أكثر محافظةً، وطـوّر اهتماماً بالجيولوجيا وصـار أحد الأعضاء المؤسّسين للجمعية الجيولوجية ومؤلّف نص جيولوجي مهمّ بعنوان البقايا العضوية للعالم السابق، الذي ظلّ يُنشر لنصف قرن. لم يسبّب أبداً أي مشكلات مرة ثانية. واليـوم - علـى أي حال - نتذكّـره من أجل دراستـه التي أحدثـت نقطة تحوّل في المرض الذي دُعي آنذاك بـ«الشّلل الارتجافي»، الذي عُرف بمرض باركنسون. كان لباركنسـون سبب آخر ضئيـل للشهرة. ففي 1785 أصبـح أول شخص في التاريخ يكسـب متحـف تاريخ طبيعـي في عملية بيـع بالقرعة. والمتحف الـذي يقع في حي ليشسـتر بلندن، أسّسه السـير آشتون ليفر، الذي دفع نفسـه إلى الإفلاس بسبب جمعه غـير المكبوح للعجائـب الطبيعية. حافظ باركنسون علـى المتحف حتى عام 1805، حين لم يعد يستطيع دعمه تم تحطيم المجموعة وبيعها.

لم تكـن شخصية تشارلـز ليل مهمة على غرار الآخرين لكنـه كان أكثر تأثيراً منهـم كلهـم مجتمعـين. وُلد ليـل في العام الذي تـوفّي فيه هتون علـى بعد سبعين ميـلاً فقـط، في قرية كينـوردي. وبالرغم من أنـه أسكتلندي المولـد، فقد ترعرع في الجنـوب الأقصـى البريطـاني، في الغابة الجديدة لهمبشـير، لأن أمه اقتنعت أن الأسكتلنديـين كانوا سكارى عقيمين. وكما كان نمـط السادة العلماء في القرن التاسـع عشـر عامة، جاء ليل من خلفيـة الثروة المريحة والحيويـة الفكرية. وكان والده - الذي اسمه تشارلز أيضاً - يمتلك الميزة غير العادية بكونه مرجعاً أساسياً عـن الشاعر دانتي وعن الطحالب. (وسمي Orthotricium lyelli الذي جلس عليه معظـم زوّار الريف الإنكليزي على اسمه). اكتسب ليل من والده اهتماماً بالتاريخ الطبيعـي ولكن هناك في أكسفورد حدث ووقع تحت تأثير الموقّر وليم بكلاند الذي كان يرتـدي العباءة الفضفاضة بحيث بدأ ليل الشاب اهتمامه، الذي استمر مدى الحياة بالجيولوجيا.

كان بكلانـد شخصيـة غرائبيـة ساحرة. حقـق بعض الإنجـازات الحقيقيّة، ولكنّه يُذكر بالقدر نفسه من أجل عاداته الغريبة. وقد نُوِّه به بنحو خاصّ من أجل مجموعة من الحيوانات البريّة، بعضها ضخم وخطر، سُمح لها بأن تتجوّل في منزله

وحديقته، ومن أجل رغبته بمعرفة جميع حيوانات الخلق. وبحسب النزوات والمواد المتوفّرة، كان يمكن أن يقدم للضيوف في منزل بكلاند لحم الخنزير الغينيّ، أو لحم الفئران في مخيض لبن وبيض، والقناف المشويّة أو الخيشوم المسلوق الآسيوي الجنوبي الشرقي. كان بكلاند يعدّها كلها جيدة، باستثناء خلد الحديقة الشائع، الذي أعلن أنه مقرف. أصبح المرجع الرئيس في النَّجْو المستحجِر(*) وقد كان لديه طاولة مصنوعة بنحو كامل من مجموعته من العيّنات.

أظهر فذاذة حتى حين قام بأبحاث علمية جدّية على طريقته. مرة استيقظت السيدة بكلاند مهتزة في منتصف الليل، وكان زوجها يصرخ مثاراً: «يا عزيزتي، أعتقد أن آثار أقدام التشيروثيريوم Cheirotherium هي دون شك كآثار أقدام السلاحف». فأسرعا إلى المطبخ في ثياب النوم. صنعت السيدة بكلاند عجيناً من الطحين، ومددته على الطاولة، بينما أحضر الموقّر بكلاند سلحفاة الأسرة. وضعها على العجين، جعلاها تمشي إلى الأمام واكتشفا بمتعة أن آثار أقدامها تطابق فعلاً تلك المستحاثة التي كان بكلاند يدرسها. اعتقد تشارلز داروين أن بكلاند مهرّج كانت هذه هي الكلمة التي استخدمها، ولكن ليل وجده ملهماً وأحبّه بما يكفي كي يذهب معه في جولة إلى أسكتلندة في 1824. قرّر ليل حالاً بعد هذه الرحلة أن يهجر مهنة القانون ويكرّس نفسه للجيولوجيا بشكل كامل.

كان ليل حسير البصر وواصل معظم حياته بِحَولٍ مؤلم، مما منحه جوّاً مزعجاً. (أخيراً فقد بصره). كانت خصوصيته الأخرى هي أنه حين تشغله فكرة يتخذ وضعيات غير متوقعة على الأثاث فيستلقي على كرسيين أو «يريح رأسه على مقعد كرسي بينما هو واقف» (كما قال صديقه داروين). وحين يستغرق في التفكير ينزل عن الكرسي بحيث إنّ الردفين يلامسان الأرض. كان عمل ليل الوحيد الحقيقي تدريس الجيولوجيا في كلية كينج في لندن من عام 1831 إلى 1833. ففي هذا الوقت تماماً ألف كتاب مبادئ الجيولوجيا، الذي طُبع في ثلاثة أجزاء بين عام

(*) روث حيوانات متحجّر في طبقات الصخور. المترجم.

1830 و1833، وقـوّى وأوضح بطرق عديدة الأفـكار التي عبّر عنها أولاً هتون قبل جيل. (بالرغم من أن ليل لم يقرأ النصوص الأصلية لهتون، فإنّه كان تلميذاً ألمعياً للنسخة التي أعاد بليفر صياغتها).

نشأ جدل جيولوجي بين زمن هتون وزمن ليل، الذي عُلِّق بنحو كبير، وغالباً ما كان يُخلط بالجدل النبتوني البلوتوني القديم. وصارت المعركة الجديدة جدلاً بين نظريـة الجوائح(*) ومبـدأ الاطّراد(**): وهذان مصطلحـان غير جذّابين لجدل مهـم استمرّ طويـلاً. فالقائلون بنظرية الجوائح - كما يمكـن أن تتوقّع من الاسم - اعتقـدوا أن الأرض شكّلتهـا حوادث مفاجئة جائحيّة كالطوفانات - بنحو رئيس - لهـذا غالباً مـا يُجمع بنحو خاطئ بين النبتونية ونظريـة الجوائح. كانت نظرية الجوائح مريحة بنحو خاص لرجال دين مثل بكلاند، لأنها سمحت لهم أن يدرجوا طوفـان نـوح التوراتي في مناقشات علمية جـادّة. بالمقابل، اعتقـد القائلون بمبدأ الاطّـراد بـأن التغيّرات التي طرأت علـى الأرض كانت تدريجيـة، وأن كل عمليات الأرض تقريباً حدثت ببطء، في مدد شاسعة من الزمن. كان (هتون) والد الفكرة قبل ليل بوقت طويل، ولكن ليل هو الذي قرأه معظم النـاس، وهكذا أصبح في أذهان معظم البشر - آنذاك والآن - أب الفكر الجيولوجي الحديث.

اعتقد ليل أن تبدّلات الأرض كانت منتظمة وثابتة، وأن كلّ ما حدث في الماضي يمكـن شرحه بأحداث ما تـزال تحدث اليوم. لم يزدر ليل وأتباعه نظرية الجوائح فحسـب، وإنمـا مقتوها. اعتقد القائلـون بنظرية الجوائـح أن الانقراضات كانت جزءاً من سلسلـة استُؤصلت فيها الحيوانات بنحو متكـرّر واستُبدلت بمجموعات جديدة، وهذا اعتقـاد شبّهه عالم الطبيعة بنحو ساخر بالدورات الثلاثية المتعاقبة للعبة الهويست، التي في نهايتها يقوم اللاعبون بقلب الطاولة ويطلبون ورقاً جديداً.

(*) نظرية تذهب إلى القول: إن الكثرة الكبرى من معالم الأرض لا تعدو أن تكون ثمرة لعدّة أحداث مفاجئة عالميّة الانتشار.

(**) القول: إن كل الظواهر الجيولوجية يمكن ردُّها إلى القوى الموجودة في عصرنا الحاضر التي ما فتئت تعمل بانتظام منذ نشأة الأرض. المترجم.

وقد كانت طريقة ملائمة جداً لشرح المجهول. وقد قال ليل بازدراء: «لم يكن هناك أبداً عقيدة قطعية محسوبة كهذه تولّد الكسل، وتثلّم شفرة الفضول الحادّة».

لم تكن أخطاء (ليل) غير المقصودة دون أهمية. فقد أخفق في أن يشرح بشكل مقنع كيفية تشكّل سلاسل الجبال، وأهمل جبال الجليد كعوامل تغيير. رفض قبول فكرة أجاسيز Agassiz عن العصور الجليدية ـ «تبريد الكوكب»، كما سمّاه رافضاً وكان واثقاً أن الحيوانات الثديية «سيُعثر عليها في أقدم مواقع المستحاثّات». ورفض فكرة أن الحيوانات والنباتات عانت من دمار مفاجئ، واعتقد أن جميع المجموعات الحيوانية الرئيسة: الثدييات والزواحف والأسماك وهكذا دواليك، تعايشت منذ فجر الزمن. ولكنه كانت يحتاج إلى البراهين في كل هذه الأمور التي ذهب إليها.

لا نبالغ حين نتحدث عن تأثير (ليل) الكبير. فقد طُبع كتاب مبادئ الجيولوجيا 12 طبعة في أثناء حياته واحتوى على أفكار صاغت التفكير الجيولوجي حتى القرن العشرين. أخذ دارون نسخة من الطبعة الأولى معه في رحلة البيجل، وكتب فيما بعد أن «الأهمية العظيمة لكتاب مبادئ الجيولوجيا هي أنه غيّر نبرة عقل المرء برمّتها، ومن ثمّ حين يرى المرء شيئاً لم يره (ليل) من قبل أبداً، فإن المرء يراه بعينيه نوعاً ما». باختصار، اعتقد أنه إله تقريباً، كما فعل كثيرون في جيله. وهذه شهادة على قوة تحكّم ليل بحيث إنّه في الثمانينيات، حين كان على علماء الجيولوجيا أن يتخلّوا عن جزء فحسب من نظريته؛ كي يكيّفوا تأثير نظرية الانقراضات، فإن هذا قتله تقريباً. ولكن هذا يحتاج إلى فصل آخر.

في غضون ذلك كان لدى الجيولوجيا كثير من الفرز، ولو لم يحدث كلّه بهدوء. فمن البداية حاول الجيولوجيون تصنيف الصخور بحسب المدة التي توضعت فيها، ولكن في غالب الأحيان كان هناك كثير من الخلافات المرّة عن: أين توضع الخطوط الفاصلة ولكنها لم تكن أطول من الجدل الذي استمرّ طويلاً، ودُعي بالجدل الديفوني العظيم (منسوب إلى ديفنشير في إنكلترة). وقد أُثيرت المسألة

حين زعم الموقّر آدم سدجويك من كمبرديج أن للعصر الكمبريّ طبقة من الصخر اعتقد رودريك مرتشيسون أنها تنتمي مباشرة إلى العصر السِّيلوري. استمرّ الجدل سنوات وحميَ بشكل كبير. إن دي لا بيتش De la Beche كلب قذر، هذا ما كتبه مرتشيسون إلى صديق في نوبة غضب نموذجية.

يُمكن الحصول على إحساس ما بقوة المشاعر عبر عناوين فصول كتاب مارتن ج.س. رودويك الممتاز والرزين عن المسألة، الجدل الديفوني العظيم. كان هناك عناوين مسالمة مثل «ساحات جدل السادة» و«الكشف عن جريويك»، وعناوين أخرى مثل «جريويك مدافعاً عنه ومُهاجماً»، «توبيخات واتهامات مضادّة»، «انتشار شائعات كريهة»، «ويفر يرتدّ على هرطقته»، «وضع الريفي الجلف في مكانه»، وفي حال كان هناك أي شكّ بأن هذه حرب نجد عنواناً مثل «مرتشيسون يفتتح حملة أرض الراين». حُسم القتال أخيراً في عام 1879 حين قامت البعثة البسيطة باكتشاف عصر جديد يُدعى العصر الأوردفيشي الذي وُضع بين العصر الكمبريّ والعصر السِّيلوري.

ولأنّ البريطانيين كانوا الأكثر نشاطاً في الأعوام الأولى في هذا الفرع من المعرفة، فإن الأسماء البريطانية كانت مهيمنة في المعجم الجيولوجي. وكلمة ديفوني هي بالطبع من المنطقة الإنكليزية التي تدعى ديفونشير. أتت كلمة كمبريّ من الاسم الروماني لويلز، بينما أتت كلمة الأوردفيشي والسيلوري من قبيلتين ويلزيتين هما الأوردفيشيون والسيلوريون. ولكن مع تصاعد التنقيب الجيولوجي في أمكنة أخرى، بدأت الأسماء تزحف من جميع الأنحاء. تشير كلمة جوراسي إلى جبال جورا على الحدود بين فرنسة وسويسرا. وتذكّر كلمة البرمي Permian بالمنطقة الروسية السابقة (بيرم) في جبال الأورال. وجاءت كلمة طباشيري cretaceous (من كلمة طباشير اللاتينية) ونحن مدينون لعالم جيولوجيا بلجيكي ذي اسم طريف هو جي دي أوماليوس دي هالوي J.J.d`Omalius d`Halloy.

قُسم التاريخ الجيولوجي في البداية إلى أربع مدد من الزمن: الأول والثاني والثالث والرابع. وقد كان المنهج دقيقاً جداً بحيث استمر، وأسهم علماء الجيولوجيا في الحال بتقسيمات جديدة بينما أزالوا أخرى. وخرجت المدة الأولى والثانية من الاستخدام معاً، بينما نبذ بعضهم الرابعة واحتفظ بها بعضهم الآخر. ولم يبقَ اليوم سوى المدة الثالثة كتسمية عامة في كل مكان، بالرغم من أنها لم تعد تمثّل مدة ثالثة من أي شيء.

أدخل ليل في كتابه المبادئ وحدات إضافية تُدعى حقب أو سلاسل كي يشمل مدة منذ عصر الديناصورات، وبينها العصر الحديث الأقرب (البلستوسيني)، والعصر الحديث القريب (البليوسيني)، والعصر الثِّلثي الأوسط (الميوسيني) وذلك الغامض بنحو محبّب الذي يدعى العصر الحديث اللاحق. وقد قصد ليل بالأصل أن يستخدم كلمة synchronous لنهاياته، مقدماً لنا تسميات هشة مثل Meiosynchronous وPleiosynchronous. وقام الموقّر (وليم ويويل) - وكان رجلاً ذا نفوذ - بالاعتراض على أسس اشتقاقية إيتمولوجية واقترح بدلاً من ذلك نسق «an-eous»، منتجاً Meioneous وPleioneous وهكذا دواليك. وكانت اللاحقة ـ cene نوعاً من التسوية.

وفي هذه الأيام - إذا ما تحدّثنا عموماً - يُقسم الزمن الجيولوجي إلى أربعة أقسام تعرف باسم الدهور: الدهر ما قبل الكمبري، والدهر القديم، والدهر الوسيط والدهر الحديث. وتُقسم هذه الدهور الأربعة أيضاً إلى عشرين مجموعة فرعية، تُدعى عادة العصور بالرغم من أنها أحياناً تُسمّى الأنظمة. وهي معظمها معروفة بشكل معقول: العصر الطباشيري، والعصر الجوراسي، والعصر الترياسي أو الثلاثي، والعصر السيلوري، وهكذا دواليك(*).

(*) لن يحدث اختبار هنا، ولكن إن كان مطلوباً منك أن تحفظها غيباً يمكن أن ترغب بتذكّر نصيحة جون ولفورد المساعدة للتفكير بالدهور (ما قبل الكمبري، والقديم، والوسيط، والحديث) كفصول في سنة والعصور (البِرمي، الترياسي، والجوراسي... إلخ.) على أنها الشهور.

ثم جاءت حقب ليـل العصر الحديث الأقرب (البلستوسيني)، والعصر الثلثي الأوسـط (الميوسينـي) التـي لا تنطبـق إلا على السنـوات الخمسـة وستين مليون الأحـدث (ولكن الأكثر انشغالاً علـى المستوى الإحاثي)؛ لدينـا أخيراً التقسيمات الفرعية الأروع التي تُعرف باسم المراحل أو العصور. وسُمّيت معظمها بنحو متردّد دوماً، على أسماء أمكنة مثل الديموانية نسبة إلى دي موا، والإلينية نسبة إلى ولاية إلينـوي، والكرواكيـة والكيميريدية، وهكذا دواليك. قال جـون مكفي: إن عددها يصل إلـى «عشرات الدزينـات». ولحسن الحظ، إذا لم تكـن الجيولوجيا مهنتك فإنك لن تسمع بأي من هذه مرة أخرى.

ما يزيد المسألة تعقيداً هو أن المراحل أو العصور في أمريكة الشمالية لها أسماء مختلفة عن أسمـاء المراحل في أوروبة، وتتقاطع معها في الغالب أحياناً في الزمن. وهكذا فإن المرحلـة الأميركية الشمالية السنسناتية تتواشج في معظم الأحيان مع المرحلـة الأشغيليـة Ashgillian في أوروبـة، إضافة إلى مـدة قصيرة من المرحلة الكاردوسية Caradocian الأبكر بقليل.

يتغـيّر كلّ هذا أيضاً من مقرر مدرسيّ إلى آخـر ومن شخص إلى آخر، بحيث إنّ بعض المرجعيات تصف سبع حقب، بينما ترضى أخرى بأربع. وستجد في بعض الكتـب أيضاً أنـه تم حذف الثالث والرابـع، واستبدلا بعصريـن وبأطوال مختلفة يدعيان الباليوجيني Palaeogene والنيوجيني Neogene. ويقسم آخرون ما قبل الكمبري إلى حقبتين، السحيق Archaean والفجري Proterozoic. وسترى أحياناً أن مصطلـح الفانـيروزي phanerozoic يشمـل العصـر الجينـوزوي Genozoic والميسوزي Mesozoic، والباليوزي Palaeozoic.

فضـلاً عن ذلك، لا ينطبـق كل هذا إلا على وحدات الزمـن. فالصخور تُقسم إلى وحـدات تامة الانفصال تُعرف باسم الأنسـاق، والسلاسل والمراحل. ويحدث فـرق أيضاً بين الأخير والمبكـر (إشارة إلى الزمن) والأعلـى والأدنى (إشارة إلى طبقات الصخور). ويمكن أن يصبح كل هذا مشوشاً بنحو مرعب لغير المختصّين،

ولكـن بالنسبة لعالم الجيولوجيا يمكـن أن تكون هذه المسائـل مسائل هيام». لقد رأيـت أشخاصـاً ناضجين يتوهّجـون احمراراً مـن الغضب من هـذه الميلثانية في تاريـخ الحياة»، هذا ما كتبه عالم الإحاثة البريطـاني رتشارد فورتي عن جدل في القـرن العشرين استمر طويـلاً عن: أين يقع الحد الفاصل بـين العصر الكمبري والأردفيشي.

نستطيـع علـى الأقل أن نحضر اليـوم تقنيات تأريخ معقدة إلـى الطاولة. ففي معظـم القرن التاسـع عشر، لم يستطع علماء الجيولوجيـا الاعتماد على أي شيء سوى التخمـين الآمل. وكان الموقف المخيّب آنذاك أنه بالرغم من أنهم يستطيعون وضـع الصخور المتنوّعة والمستحاثات بالترتيـب حسب العمر، غير أنهم لم يعرفوا كـم كان طول أي من هذه العصور. وحين تأمّـل بكلاند قِدم هيكل عظمي لزحافة الإكصـور(*) لم يستطـع أن يفعل أي شيء سوى أن يقترح أنها عاشت منذ «عشرة آلاف أو أكثر من عشرات الآلاف» من السنين.

جـاءت إحدى أفضـل الأفكار في وضـع موعد لخلق الكوكب مـن إدموند هالي الموثـوق دوماً، الذي اقترح في 1717 أنك إذا قسمت الحاصل الكلي للملح في بحار العـالم علـى الكمية التي تُضاف كل يـوم، فإنك ستحصل على عـدد الأعوام التي وجـدت فيها البحار، ممـا سيمنحك فكرة تقريبية عن عمـر الأرض. كان المنطق رائقاً، ولكن لسوء الحظ لم يعرف أحد كم من الملح كان في البحر أو كم يزداد كلّ عام، مما جعل التجربة غير عملية.

إن محاولـة القياس الأولـى التي يُمكـن أن تُدعـى علمية بنحو كبـير قام بها الفرنسـي جـورج لويـس لوكلـير Georges – Louis Leclerc، وكونـت دي بفون Comte de Buffon، في سبعينيـات القـرن الثامن عشـر. كان من المعروف لوقت طويـل أن الأرض تصدر كميات قابلة للتقدير مـن الحرارة كانت واضحة لكل من ينـزل إلى منجـم للفحم الحجري، ولكن لم تكـن هنـاك أي طريقـة لتقدير نسبة

(*) زحافة بحرية منقرضة من رتبة الإكصوريات عاشت في الدهر الوسيط.

التبـدّد (فقـد الطاقة). عمدت تجربة بفـون إلى تسخين الأجواء إلـى أن تتوهّج، وتصبح شديـدة الاتقاد ثـم تقدير نسبة فقـدان الحرارة عن طريـق لمسها (من المفترض بشـكل خفيف جداً في البدايـة) وهي تبرد. وقد خمّن مـن هذا أن عمر الأرض بين 75,000 و 168,000 سنة. كان هذا بالطبع تقديراً بخساً بشكل كبير، ولكنـه كان فكـرة راديكالية، ووجـد بفون نفسه مهـدداً بالحـرم الكنسي للتعبير عنـه. وبما أنـه رجل عملي، فقد اعتذر حالاً عن هرطقتـه الطائشة، ثم كرّر بمرح التأكيدات في كتاباته اللاحقة.

في منتصـف القرن التاسع عشر اعتقد جميع العلماء أن عمر الأرض هو بضعة ملايـين مـن السنين على الأقـل، وربما نحو عشـرات الملايين مـن السنين، وليس أكـثر من هذا على الأرجح. وهكـذا كان الأمر مفاجئاً حين أعلن تشارلز دارون في عـام 1859 في كتابه أصل الأنـواع أن العمليات الجيولوجية التي أنشأت الويلد the Weald - وهـي منطقة في جنـوب إنكلترة - تمتد عبر كينت وسـوري وسسيكس، استغرقـت - وفـق حساباته - 306,662,400 عاماً كي تكتمـل. وكان التأكيد لافتاً للانتبـاه قليـلاً؛ لأنه محدّد بنحـو آسر ولكنه كان أكـثر لفتاً للنظـر؛ لأنه عارض الحكمـة السائدة عـن عمر الأرض(*). وقد برهن هذا أنـه مثير للجدل بحيث إنّ دارون سحبـه من الطبعة الثالثة لكتابه. ولكن المشكلة بقيت في قلبه على أي حال. كان دارون وأصدقـاؤه الجيولوجيون بحاجة إلـى أن تكون الأرض قديمة، ولكن لم يستطع أحد أن يبتكر طريقة لجعلها هكذا.

* * *

لسوء حظ داروُن، وحـظ التقدّم، انتبه إلى المسألة اللورد كلفن العظيم (الذي بالرغم من أنه كان عظيماً بنحو لا سبيل إلى الشك فيه)، كان لا يزال آنذاك وليم طومسـون البسيـط؛ ولم يُرفّع إلى سجـل النبالة حتى 1892 حـين كان في الثامنة

(*) كان داروُن يحب الأرقـام الدقيقة. ففي عمله اللاحق، أعلن أن عدد الديدان التي يمكن العثور عليها في دونم عادي من التربة الريفية الإنكليزية هو 53,767.

والستين من عمره ويقترب من نهاية وظيفته، (ولكنني سأتّبع التقليد هنا وأستخدم الاسم ارتجاعياً). كان كلفن أحد الشخصيات الأكثر خرقاً للعادة في القرن التاسع عشر وبالفعل، في أي قرن. وكتب العالم الألماني هرمان فون هيلمهولتز Herman Von Helmholtz، الذي لم يكن غير كفء على المستوى الفكري، إن كلفن يمتلك حتى الآن أعظم «ذكاء ووضوح، وحراك فكري» من أي رجل سبق وقابله. «كنت أشعر أحياناً بالغباء التام إلى جانبه»، أضاف بقليل من الكآبة.

إن هذا الشعور قابل للفهم، ذلك أن كلفن كان حقاً نوعاً من السوبرمان الفكتوري. ولد عام 1824 في بلفاست، لأب كان أستاذاً للرياضيات في المؤسسة الأكاديمية الملكية الذي نُقل حالاً إلى غلاسكو. وهناك برهن كلفن أنه طفل عبقري، بحيث قُبل في جامعة غلاسكو تحت سن العاشرة. وفي الوقت الذي وصل فيه إلى أوائل العشرينيات، درس في مؤسسات في لندن وباريس، وتخرّج من كمبريدج (حيث فاز بجوائز الجامعة الأولى في سباق التجذيف والرياضيات، وعثر نوعاً ما على الوقت؛ كي يؤسس جمعية موسيقية أيضاً)، وانتخب زميلاً في بيترهاوس، وكتب بالإنكليزية والفرنسية دزينات من المحاضرات في الرياضيات الصرفة والتطبيقية تمتلك أصالة مدهشة، بحيث اضطر إلى نشرها دون اسم؛ خوفاً من مضايقة رؤسائه. وفي سن الثانية والعشرين عاد إلى غلاسكو كي يُعين أستاذاً جامعياً في الفلسفة الطبيعية، وكان هذا منصباً شغله في السنوات الثلاث والخمسين اللاحقة.

وفي مجرى وظيفة طويلة (عاش حتى 1907)، كتب 661 محاضرة، وراكم 69 براءة اختراع (جعلته ثرياً جداً) وحظي بالشهرة في جميع فروع العلوم الفيزيائية تقريباً. وبين أمور أخرى كثيرة، اقترح المنهج الذي قاد مباشرة إلى ابتكار التبريد، واخترع مقياس درجة الحرارة المطلقة(*) الذي لا يزال يحمل

(*) وهي درجة الحرارة المقيسة على أساس الصفر المطلق، أي حالة فقدان الطاقة الحرارية فقداناً كاملاً. وثمة مقياسان للحرارة المطلقة: أولّهما مقياس كلفن وهو مبني على أساس الدرجة المئوية أو السنتيغرادية، ومقياس رانكن وهو مبني على أساس الدرجة الفارنهايتية. المترجم.

اسمه، واخترع مضخّمات التردد اللاسلكي التي سمحت للبرقيات أن تُرسل عبر المحيطات، وقام بتحسينات لا تُحصى للشحن وفن الملاحة، عبر اختراع بوصلة بحرية شعبية وابتكار أول مسبار للأعماق. وكانت هذه مجرد إنجازات عملية له.

إن عمله النظري في الكهرومغنطيسية والديناميكا الحرارية والنظرية الموجيّة، كان ثورياً بنحو مساوٍ(*). ولم يرتكب إلا خطأً واحداً وكان هذا عدم القدرة على حساب العمر الصحيح للأرض. وقد شغلت المسألة كثيراً النصف الثاني من مهنته، ولكن لم يقترب من الصحة في ذلك أبداً. وقام بمحاولته الأولى في 1862 ونشر مقالة في مجلة شعبية تدعى ماكميلانز قال فيها: إن عمر الأرض 98 مليون سنة أو 400 مليون. وبذكاء لافت أقرّ بأن حساباته يمكن أن تكون غير صحيحة إذا كانت «المصادر التي هي الآن مجهولة بالنسبة لنا قد جُهّزت في مخزن كبير للخلق». ولكن كان واضحاً أنه اعتقد أن هذا غير مرجّح.

مع مرور الوقت سيصبح كلفن أكثر مباشرة في تأكيداته وأقلّ صحّة. راجع باستمرار تقديراته نزولاً من حد أعلى هو 400 مليون عام إلى مئة مليون عام، ثم إلى 50 مليوناً، وأخيراً في 1879 إلى 24 مليون عام. لم يكن كلفن عنيداً. كان الأمر ببساطة أنه لم يكن هناك أي شيء في الفيزياء يستطيع شرح كيف أن جرماً بحجم الشمس يمكن أن يحترق باستمرار لأكثر من بضع عشرات الملايين من الأعوام

(*) أوضح بنحو خاص القانون الثاني للديناميكا الحرارية. تحتاج مناقشة هذه القوانين إلى كتاب كامل، ولكنني أقدم هنا هذا الملخّص البسيط الذي قام به عالم الكيمياء بي. دبليو. أتكينز، فقط لتبسيطها: «هناك أربعة قوانين. القانون الثالث منها، وهو القانون الثاني، عُرف في البداية؛ الأول، القانون الصفري، صيغ فيما بعد؛ كان القانون الأول ثانياً؛ والقانون الثالث يمكن حتى ألا يكون قانوناً بالمعنى نفسه كالقوانين الأخرى». وباختصار، يقول القانون الثاني: إن قليلاً من الطاقة يُبدّد دوماً. لا تستطيع الحصول على أداة حركة دائمة لأنها مهما كانت فاعلة، فإنها ستفقد الطاقة دوماً وتُرهق في النهاية. يقول القانون الأول: إنك لا تستطيع أن تخلق الطاقة ويقول الثالث: إنك لا تستطيع اختزال الحرارة إلى الصفر المطلق؛ سيكون هناك دوماً حرارة متبقية. وكما ينوّه دينيس أوفرباي: إن القوانين الثلاثة الرئيسة يعبّر عنها أحياناً بمزاح مثل (1) لا تستطيع أن تربح، (2) لا تستطيع حتى أن ترتاح، و (3) لا تستطيع الخروج من اللعبة.

دون أن يستنفد وقوده. يتبع من ثم أن الشمس وكواكبها كانت نسبياً، وبنحو لا مهرب منه فتيين.

وكانت المشكلة هي أن جميع أدلة المستحاثات تتناقض مع ذلك، وفجأة كان هناك في القرن التاسع عشر كثير من أدلة المستحاثات.



التنافس العلمي العنيف

في عـام 1787، اكتشـف شخص في نيوجيرسي - يبـدو كأنه نُسي الآن - عظم فخـذ ضخماً وناتئـاً عند ضفة جدول في مكان يُدعى وُدبري كريك. لم يكن العظم ينتمـي إلى أي نـوع من المخلوقات الحية، ولا سيما في نيوجيرسي. وقليلاً من الذي يُعرف الآن، يُظنّ أنـه لهيدروصور، وهو ديناصور ضخم. كانت الديناصورات وفي ذلك الوقت مجهولة.

أُرسل العظم إلى الدكتور كاسبار ويستر، عالم التشريح الأبرز في البلاد، الذي وصفـه في اجتمـاع للجمعية الفلسفيـة الأميركية في فيلادلفيـة في ذلك الخريف. ولسـوء الحظ، أخفق ويستر بنحـو كامل في التعرف على أهمية العظم، وقام فقط ببعض الملاحظات غير الملهمة بحيث كانت كذبة كبيرة. وهكذا خسر الفرصة كي يكـون مكتشف الديناصورات قبل أي شخص آخر بنصف قرن. والواقع أن العظم لم يـثر إلا انتباهـاً قليلاً فوُضع في غرفـة للخزن واختفى في النهايـة. وهكذا فإن عظم الديناصور الأول الذي سبق واكتُشف كان أيضاً أول من نُسي.

إذا لم يكن العظم قد لفت انتباهاً أكبر، فإن هذا أكثر من محيّر؛ لأن ظهوره تمّ في وقـت كانت فيه أمريكة في أوج الإثارة حيال بقايا الحيوانات القديمة الضخمة. وكان سبـب هذه الإثارة تأكيداً غريباً قام به عالم الطبيعة الفرنسي العظيم كونت دي بفـون، الـذي كان يسخّـن الأجـواء كما ذكرنـا في الفصل السابق مفـاده، أن الأشيـاء الحية في العـالم الجديد هي أدنى من تلك التـي في العالم القديم. وكتب بفون في كتابه الضخم والمحترم كثيراً: «التاريخ الطبيعي» أن أمريكة أرضٌ مياهها آسنـة، وتربتهـا عقيمـة، وحيواناتها صغيرة الحجـم وقليلة الحيويـة، ومركّباتها ضعيفـة بسبب «الأبخرة المزعجة» المنبعثة من مستنقعاتها النتنة وغاباتها المعتمة. ففـي بيئة كهذه حتى السكان الأصليون الهنـود يفتقرون إلى الرجولة. وقال بفون: «ليس للرجال لحية أو شعر علـى أجسادهم ولا تثيرهم الأنثى». وكانت أعضاؤهم التناسلية «ضامرة وضعيفة».

ومـن المفاجئ أن ملاحظات بفون عثرت على مناصرين متحمّسين بين الكتاب الآخريـن، ولا سيمـا أولئك الذين لم تكـن استنتاجاتهم تستند إلـى معرفة فعلية بالبلاد. وأعلن هولندي يُدعى كورنيل دي بو في كتاب شعبي يدعى «أبحاث فلسفية» عـن الأميركيـين، أن الذكور الأمريكيين المحليين ليسـوا ضعيفين تناسلياً فحسب، وإنمـا أيضاً «يفتقـرون إلى الرجولة، بحيث إنّه يوجد حليـب في أثدائهم». حظيت وجهـات نظر كهذه باستمرارية غير مرجّحة وقد تكررت أو ترددت أصداؤها حتى نهاية القرن التاسع عشر تقريباً.

وبنحـو غير مفاجئ، قوبلـت شتائم كهذه باستياء في أمريكـة. وقد قام توماس جيفرسـون برد غاضب (وإذا لم يفهم سياقه فإنه كان محيّراً أيضاً) في ملاحظات عن ولاية فرجينية، وأقنع صديقه الذي من مهمبشير الجنرال جون سوليفان بإرسال عشرين جندياً إلى الغابات الشمالية للعثور على بلموظ؛ كي يُقدم لبفون برهاناً على قوة وهيبة رباعيات الأرجل في أمريكة. وبحث رجلان لمدة أسبوعين للعثور على شيء مناسـب. وحين أطلقت النار علـى البلموظ كان يفتقر لسـوء الحظ لقرنين مهيبين وصفهمـا جيفرسون، ولكن سوليفان أحضر عن دراية قـرني ذبيحة من إلكة أو أيّل مقترحاً إرسالهما بدلاً من البلموظ. فمن في فرنسة سيعرف في النهاية؟

في غضـون ذلك، بدأ علمـاء الطبيعة في فيلادلفيا مدينـة ويستر بجمع عظام مخلـوق ضخم يشبه الفيل عُـرف في البداية باسم «المجهـول الأمريكي العظيم»، ولكنه سُمّيَ فيما بعد - ولكن ليس بنحو صحيح - الماموث. واكتُشفت العظام الأولى في مـكان يُدعـى بيغ بون ليك في كنتكي، ولكن في الحـال كانت تظهر عظام أخرى الأنحـاء جميعهـا. وتبيّن أن أمريكـة كانت مرة موطن مخلوق قـوي حقاً؛ مخلوق سيبطل بالتأكيد سجالات بفون الغاليّة الحمقاء.

وفي محاولاتهـم لشـرح ضخامـة ووحشيـة الحيوان المجهـول تبـين أن علماء الطبيعـة الأمريكيين أمعنـوا في الشطح. فقد ضخّموا حجمه ستة أضعاف ومنحوه مخالـب مخيفة، التي هي في الحقيقة لميجالونيكس Megalonyx أو حيوان أرضي

ضخـم يُدعى الكسلان، عُثر عليه في الجوار. ومن اللافت أنهم أقنعوا أنفسهم أن الحيوان يتمتّـع «برشاقة النمر ووحشيته»، وصـوّروه في رسوم وهو ينقضّ برشاقة السنّـور على الفريسة من فـوق الجلاميد. وحين اكتُشفت الأنيـاب، وُضعت قسراً في رأسـ الحيوان بعدد من الطرق المبتكرة. وقـام أحدهم بتثبيت الأنياب مقلوبة، مثـل القط مسيّـف الأنياب، مما منحه مظهـراً عدوانياً بنحو مرضٍ. ورتّب آخر الأنيـاب بحيث إنّها التـوت إلى الخلف بحسـب النظرية القائلة بـأن المخلوق كان مائيّـاً واستخدمها، كي يرسـو على الأشجار حين يكون نائماً. وكان الاعتبار الأكثر ارتباطاً بالحيوان المجهول هو أنه تبين أنه منقرض، وكانت هذه حقيقة تمسّك بها بفون بمرح كبرهان على طبيعته المنحطّة غير القابلة للجدل.

تـوفي بفـون في عـام 1788، ولكـن الجـدل استمرّ. ففـي 1795 شقـت عظام مختارة طريقها إلى باريـس، حيث فحصها النجم الصاعد لعلم الإحاثة، الشاب الأرستقراطـي جورج كوفييـه Georges Cuvier. كان كوفييه يدهش الناس نظراً لعبقريتـه في تحويل أكوام العظـام المتنافرة إلى أشكال. قـال: إنه يستطيع وصف منظـر وطبيعة حيوان مـن سن واحد أو قطعة مـن الفك، وغالباً مـا يسمّي النوع والجنسـ في الصفقـة. مدركاً أنه لم يفكّـر أحد في أمريكة بتأليـف وصف رسمي للوحشـ المـدوّي، فعـل كوفييه هذا، وهكـذا أصبـح مكتشفه الرسمـي. وقد سمّاه المستودون(*) (مما يعني، بنحو غير متوقع أنه من القوارض).

ألّف كوفييه عام 1796 في المهم من الجدل، مقالة عدّت معلماً عنوانها ملاحظة عـن نوع الفيلة الحية والمستحاثيّة، التي ذكـر فيها للمرة الأولى نظرية رسمية عن الانقراضـات. اعتقد أنه بـين مدة وأخرى تمر الأرض في كـوارث كوكبية تنقرض فيهـا مجموعات الكائنـات. وأثارت الفكرة لدى المتدينـين - وكان كوفييه منهم - معـاني ضمنية غير مريحة بما أنها افترضت حالة عرضية غير قابلة للتفسير من قبل العناية الإلهية. من أجل أي غاية يخلق الله الأنواع؛ كي يقضي عليها فيما بعد؟

(*) حيوان ثديي منقرض يُعدّ السلف الأول للفيل. المترجم.

كانت الفكرة مناقضة للإيمان بسلسلة الوجود الكبرى، التي مفادها أن العالم مرتّب بعناية وأن كل مخلوق حي داخله له مكان وهدف، وكان له هذا دائماً ودائماً سيكون له. لم يستطع جيفرسون تحمل فكرة أن الأنواع كلّها سوف يُسمح لها بالتلاشي (أو بالتطور). وهكذا حين قيل له: إنه يمكن أن يكون هناك قيمة علمية وسياسية في إرسال فريق، لاستكشاف الداخل الأميركي وراء المسيسبي قفز مثاراً من الفكرة، آملاً أن المغامرين الجسورين سيعثرون على قطعان من المستودونات ذات الصحة الجيدة وكائنات أخرى أكبر ترعى في السهول الخصبة. واختير سكرتير جيفرسون الشخصي وصديقه الموثوق ميريويزر لويس كقائد مشترك، مع وليم كلارك، وعالم طبيعة رئيس للبعثة. أما الشخص الذي اختير كي ينصحه بما يبحث عنه بخصوص الحيوانات الحية والميتة فلم يكن سوى كاسبار ويستر.

في العام نفسه في الحقيقة، في الشهر نفسه الذي كان فيه الأرستقراطي المحتفى به كوفييه يشرح نظرياته عن الانقراض في باريس، كان هناك في الجانب الآخر من القناة الإنكليزية رجل إنكليزي امتلك فهماً عميقاً لقيمة المستحاثات، التي ستكون لها أيضاً تشعبات مستمرة. كان وليم سميث مراقب بناء شاباً في قناة سومرست كول. وفي مساء الخامس من كانون الثاني 1796، كان يجلس في نزل للمسافرين في سومرست حين أتته فكرة صنعت شهرته. من أجل تأويل الصخور لا بد من وسيلة تواشج، من أساس تستطيع وفقاً له أن تقول: إن هذه الصخور الكربونيّة من ديفون هي أصغر في العمر من الصخور الكمبرية في ويلز. وكان سميث يعتقد أن الإجابة تكمن في المستحاثّات. فلدى كل تغيّر في طبقات الصخور تختفي أنواع معيّنة من المستحاثات، بينما تُنقل أخرى إلى مستويات لاحقة. وعبر معرفة الأنواع التي ظهرت في الطبقات المختلفة، بوسعك استنتاج الأعمار النسبية للصخور أينما ظهرت. معتمداً على معرفته كماسح، بدأ سميث فوراً وضع خريطة لطبقات الصخور في بريطانية، التي نُشرت بعد محاكمات عديدة في 1815، وصارت حجر زاوية للجيولوجيا الحديثة. (وقد رويت القصة بنحو شامل في كتاب سيمون وينشستر المشهور الخريطة التي غيّرت العالم).

ولسوء الحظ - بعد أن قام باكتشافه - كان سميث غير مهتم بنحو يثير الفضول بفهم لماذا الصخور موضوعة في الوضعية التي هي فيها. «لقد تركت التساؤل عن أصل طبقات الصخور، وأرضيت نفسي بمعرفة أنها هكذا»، كما قال: «إن اللماذات والأسئلة عن الأمكنة (عمَّ، ممَّ) ليست ضمن مجال ماسح معادن».

زاد اكتشاف سميث بخصوص طبقات الصخور من الارتباك الأخلاقي بخصوص الانقراضات. فقد أكد أن الله يقضي على الكائنات ليس بالمصادفة وإنما بنحو متكرّر. وجعله هذا يبدو ليس غير مكترث بقدر ما هو عدواني. وجعل هذا من الضروري بنحو غير ملائم شرح لماذا تنقرض بعض الأنواع بينما تستمر أخرى دهوراً متعاقبة. ومن الواضح أن الانقراضات تنطوي على أكثر مما يمكن أن يفسّره طوفان نوحيّ واحد، كما كانت القصة التوراتية معروفة. حلّ كوفييه المسألة بطريقة أرضته، مقترحاً أن سفر التكوين لا ينطبق إلا على الطوفان الأحدث. وتبيّن أن الله لم يرغب بأن يضلّل أو يرعب موسى بأنباء عن انقراضات أولى سابقة لا علاقة لها بالموضوع.

وهكذا - في السنوات الأولى من القرن التاسع عشر - حظيت المستحاثات بأهمية معينة لا يمكن الهرب منها، مما جعل إخفاق (ويستر) في اكتشاف أهمية عظم الديناصور ينطوي على ما هو أكثر من الحظ السيئ. وفجأة بدأت العظام تظهر في جميع الأمكنة. وسنحت عدة فرص جديدة للأميركيين كي يزعموا أنهم من اكتشف الديناصورات، ولكنها ضُيِّعتْ كلها. وفي عام 1806 مرت بعثة لويس وكلارك في هيل كريك فورميشن في مونتانا، وهي منطقة كان يسير فيها صيادو المستحاثات فوق الديناصورات فيما بعد، فحصوا ما كان بوضوح عظام ديناصورات منطمرة في الصخور ولكنهم فشلوا في الاستفادة منها. وعُثر على عظام وآثار أقدام مستحاثية أخرى في وادي نهر كنيكتيكت في نيوإنجلاند، بعد أن قام فتى مزرعة يدعى بلينوس مودي باكتشاف آثار قديمة على سلسلة صخرية في ساوث هادلي، وماساتشوسيتس. بقيت بعض هذه العظام - ولا سيما عظام الأنكسيصوروس Anchisaurus - ضمن المجموعة الخاصة بمتحف بيبودي في

بيل. وكانت العظام التي اكتشفت في 1818، عظام الديناصورات الأولى التي فُحصت وأُنقذت، ولكن لسوء الحظ لم تُعرف هويتها إلى عام 1855. وفي ذلك العام نفسه، 1818، توفي كاسبار ويستر، ولكنه حظي بخلود معيّن غير متوقّع حين سمّى عالم نبات يُدعى توماس نوتال شجيرة متسلّقة باسمه. وما يزال بعض النباتيين المتمسكين بالأعراف يصرون على لفظها كالآتي: وستاريا.

في ذلك الوقت - على أي حال - انتقل زخم علم الإحاثة إلى إنكلترة. ففي 1812 كان هناك في لايم ريجيس على ساحل دورسيت طفلة فائقة للعادة تُدعى ماري آننغ. كانت في الحادية عشرة من عمرها، أو في الثانية أو الثالثة عشرة، كما تقول المصادر المختلفة. عثرت على مستحاثة وحش بحري غريب طوله سبعة عشر قدماً ويُعرف الآن باسم الإكصور، وكان مطموراً في الجروف المنحدرة والخطرة على طول القناة الإنكليزية.

كان هذا بدء وظيفة لافتة للنظر. وقد أمضت آننغ السنوات الخمس والثلاثين اللاحقة وهي تجمع المستحاثات، وكانت تبيعها للزوّار. (وهناك اعتقاد شائع بأنها مصدر المقولة المشهورة: «تبيع الأصداف البحرية على شاطئ البحر». وقد عثرت أيضاً على البَلَصور(*)، وهو واحد من أوائل وأفضل التيرودكتيلات (الزواحف المجنّحة). وبالرغم من أن أياً من هذه لم يكن ديناصوراً بالمعنى التقني، لم يكن لهذا أي معنى في ذلك الوقت بما أن الجميع لم يكونوا يعرفون ما هو الديناصور. كان يكفي الإدراك أن العالم كان فيه مرة كائنات لا تشبه بشكل واضح أي شيء يمكن أن نجده الآن.

لم يكن الأمر أن آننغ كانت جيدة في العثور على المستحاثات فحسب بالرغم من أنه لم يكن يضاهيها أحد في ذلك، وإنما كانت قادرة على انتزاعها بالرشاقة الأفضل ودون أن تتأذّى. إذا حدث وسنحت لكم فرصة لزيارة قاعة الزواحف البحرية القديمة في متحف التاريخ الطبيعي في لندن، ألحّ عليكم أن تتنزهوا،

(*) ضرب من الزواحف البحرية المنقرضة. المترجم.

إذ ما من طريقة أخرى لتقدير وزن وجمال ما أنجزته تلك الشابّة دون مساعدة من الأدوات الأكثر أساسية في ظروف مستحيلة تقريباً. وقد استغرق البلصور وحده عشرة أعوام من التنقيب الصبور. وبالرغم من أن آننغ كانت غير مدرّبة، إلا أنها كانت قادرة على تقديم رسوم وتوصيفات تنافسية للباحثين. ولكن بالرغم من مهارتها، كانت الاكتشافات المهمة نادرة وأمضت معظم حياتها في فقر مدقع.

سيكون من الصعب التفكير بشخص أُهمل أكثر من ماري آننغ في تاريخ علم الإحاثة، ولكن كان هناك واحد قريباً من حالتها بنحو مؤلم. كان اسمه جيديون ألجرنون مانتل وكان طبيباً ريفياً في سسيكس.

كان مانتل خليطاً هزيلاً مليئاً بالعيوب. كان مغروراً، ومستغرقاً في شؤونه الذاتية، ومتزمتاً ومهملاً لأسرته. ولكن لم يكن هناك عالم إحاثة أكثر التزاماً منه. كان محظوظاً بامتلاكه لزوجة مخلصة ومتنبّهة. ففي 1822 -وبينما كان يقوم بزيارة منزلية إلى مريض في ريف سسيكس- ذهبت السيدة مانتل في نزهة في زقاق في الجوار وعثرت في كومة من الحطام -تُركت لملء حفر في الطريق- على شيء مثير للفضول. كان حجراً بنياً ملتوياً، بحجم جوزة. ولأنها تعرف اهتمام زوجها بالمستحاثات، وظنت أنها يمكن أن تكون هذه واحدة منها، أخذتها إليه. عرف مانتل على الفور أنه سنّ مستحاثي، وبعد قليل من الدراسة تأكّد أنه من حيوان آكل للعشب وزاحف وضخم جداً طوله عشرة أقدام وهو من العصر الطباشيري. وكان مصيباً في جميع التفاصيل، ولكن هذه كانت استنتاجات جسورة بما أنه لا شيء من هذا القبيل شُوهد أو تم تصوّره من قبل.

مدركاً أن اكتشافه سوف يقلب رأساً على عقب ما فُهم عن الماضي، وبعد أن حثّه صديقه الموقّر (وليم بكلاند) الجامعي الذي يملك ميلاً تجريبياً أن يواصل بحذر، كرّس (مانتل) ثلاث سنوات مؤلمة؛ بحثاً عن الدليل لدعم استنتاجاته. أرسل السن إلى (كوفييه) في باريس التماساً لرأيه، ولكن الفرنسي العظيم عدّه سنّاً من فرس نهر. (اعتذر كوفييه فيما بعد بلباقة من أجل هذا الخطأ الفادح).

في أحد الأيام -وبينما كان يقوم بالبحث في متحف هنتريان في لندن- دخل مانتل في حديث مع زميل في البحث أخبره أن السن يبدو شبيهاً بأسنان الحيوانات التي كان يدرسها، وهي الإغوانات الأميركية الجنوبية. وأكّدت مقارنة سريعة التشابه. وهكذا أصبح مخلوق مانتل هو الإغواندون (ديناصور ضخم عاشب)، على اسم عظاية استوائية لا يمت إليها بأي صلة.

حضّر مانتل كلمة كي يلقيها في الجمعية الملكية. ولسوء الحظ، تبيّن أنه تم اكتشاف ديناصور آخر في مقلع للحجارة في أوكسفوردشير، وقد وُصف لتوه رسمياً من قبل الموقّر بكلاند، الرجل نفسه الذي حثّه على ألا يعمل بسرعة. كان الميغالوصوروس megalosaurus، وقد اقتُرح الاسم بالفعل على بكلاند من قبل صديقه الدكتور جيمس باركنسون، الراديكالي المدّعي، الذي يُنسب إليه مرض باركنسون. ويمكن تذكر أن بكلاند، كان قبل أي شيء آخر عالم جيولوجيا، وقد أظهر ذلك في عمله على الميغالوصوروس megalosaurus. وفي تقريره لمحاضر جلسات الجمعية الجيولوجية في لندن قال: إن أسنان الكائن ليست مركبة مباشرة على عظم فكّه، كما في العظايات، ولكنها موضوعة في تجاويف، على طريقة التماسيح. ولكن بالرغم من أنه لاحظ ذلك كثيراً،أخفق بكلاند في إدراك ما كان يعنيه:أعني أن الميغالوصوروس كان نمطاً جديداً تماماً من المخلوقات. وهكذا فإن اكتشاف خط الكائنات القديم صار من حظ بكلاند بالرغم من أن مانتل يستحقه أكثر منه.

غير مدرك أن الخيبة ستظل سمة مستمرة في حياته، واصل مانتل بحثه عن المستحاثات وعثر على عملاق آخر، يدعى الهايليوصوروس hylaeosaurus، عام 1833. واشترى مستحاثات أخرى من الحجارين والمزارعين إلى أن صار لديه ربما أكبر مجموعة من المستحاثات في بريطانية. كان مانتل طبيباً ممتازاً وصيّاد عظام موهوباً، ولكن لم يكن قادراً على دعم الموهبتين. وبينما نما هوسه بالجمع، أهمل ممارسته الطبية. وفي الحال ملأت المستحاثات منزله كله في برايتون واستهلكت

معظـم دخلـه. وذهب جزء لا بأس به من دخلـه المتبقي إلى تمويـل نشر كتب لم تكترث بها سوى قلّة. وقد باع كتاب توضيحات عن جيولوجيا سسيكس، الذي طُبع في 1827 خمسـين نسخة وجعله يخسر 300 باونـد وكان هذا مبلغاً يُحسب حسابه في تلك الأزمنة.

وفي حالة من اليأس خطرت لمانتل فكرة تحويل منزله إلى متحف يتقاضى أجراً مقابل دخوله، ثم أدرك متأخراً أن عملاً مرتزقاً كهذا سيدمر مركزه بوصفه سيّداً، ناهيـك عن مركـزه باعتباره عالماً. وهكـذا سمح للناس أن يـزوروا المنزل مجاناً. جاؤوا بالمئات، أسبوعاً بعد آخر، مقاطعين مهنته وحياته المنزلية. في النهاية أُجبر علـى بيع معظم مجموعته؛ كي يسدّد ديونه. بعد ذلـك حالاً، هجرته زوجته آخذة معها أبناءه الأربعة. ومن اللافت أن مشكلاته كانت تبدأ فحسب.

في مقاطعة سندمهم في جنـوب لندن، وفي مكان يُدعى كريستال بالاس بارك، ينتصـب مشهد غريب ومنسيٌّ: نماذج لديناصـورات بحجمها الطبيعي. لا يسافر كثير من الناس إلى هناك هذه الأيام، ولكن كان هذا المكان مرة الأكثر جاذبية في لندن. وكما قال رتشارد فورتي: كان أول حديقة ملاهٍ موضوعية في العالم. غير أن تفاصيـل كثيرة في النماذج غير صحيحـة. فقد وُضع إبمهم الإغواندون على أنفه، على أنه نوع من الرزّة، وينتصب على أربع أرجل قويّة، مما جعله يبدو ككلب ضخم ومفـرط النموّ. (في الحقيقة لم يكن الإغواندون يدبُّ علـى أربع أرجل، وإنما كان ثنائـي القدمين). فإذا ما نظرت إليها اليوم من النادر أن تخمّن أن هذه الوحوش الغريبـة التي تتحرك بتثاقل يمكـن أن تسبب حقداً كبيراً ومـرارة، ولكنها فعلت. ربمـا لا شيء في التاريخ الطبيعـي كان في مركز أحقاد أشد قوة، واستمرارية أكثر من الوحوش القديمة المعروفة باسم الديناصورات.

وفي وقـت بنـاء الديناصـورات، كانـت (سندمهـم) علـى حافة لنـدن وعدّت حديقتها الفسيحة مكاناً مثالياً لإعادة بناء قصر الكريستال المثالي، البناء المؤلف مـن الزجاج وحديد الزَّهر الذي كان واسطة العقد في المعرض الكبير عام 1851،

الـذي أخذت منه الحديقة اسمها بنحو طبيعـي. وشكّلتْ الديناصورات التي بُنيت مـن الإسمنت نوعاً من الجاذبية الإضافية. وفي مساء عيد رأس السنة عام 1853 أُعـد عشاء لواحد وعشرين عالماً بارزاً داخل الإغـوادون غير المنتهي. وإن جديون مانتـل - الرجل الذي اكتشف وعرّف الإغـوادون - لم يكن بينهم. وكان الشخص الذي على رأس المائدة النجم الأعظم لعلم الإحاثة الفتي، كان اسمه رتشارد أوين وفي ذلك الوقت كان قد خصص عدة أعوام مثمرة في جعل حياة (جديون مانتل) جحيماً.

ترعـرع أوين في لانكستر، في شمال إنكلترة، حيث تدرّب على الطب. كان عالم تشريـح بالـولادة ومخلصاً لدراساتـه، بحيث إنّـه أحياناً كان يستعـير بنحو غير شرعي أعضاء من الجثث، ويأخذها إلى المنزل؛ كي يشرّحها من أجل اللهو. مرة، بينمـا كان يحمل كيساً فيه رأس بحّار إفريقي انزلق أويـن على حصى الرصيف المبللـة، وراقب بهلع الرأسـ وهو يقفز بعيداً عنه في الزقـاق ويدخل الباب المفتوح لكـوخ، حيث استقر في الردهة الأماميـة. ويمكن تصوّر ما سيقوله أصحاب المنزل لدى رؤية رأس مقطوع تدحرج وتوقف عند أقدامهم. يفترض المرء أنهم لم يشكّلوا أي استنتاجـات مرعبة مقدمـاً، بعد لحظة اندفع إلى الداخـل شاب بدا مذعوراً، استرد الرأس دون أن يتفوّه بكلمة وخرج مسرعاً.

في 1825، وفي سـن الحادية والعشرين فحسب، انتقـل أوين إلى لندن وانشغل في الحـال بعد ذلك مع الكلية الملكية للجرّاحين؛ كي يساعد في تنظيم مجموعاتهم الكبـيرة ولكن غير المنسقة من العيّنـات الطبية والتشريحيـة. وقد ترك معظمها للمؤسسة جون هنتر؛ الجرّاح المميّز والجامع الذي لا يكلّ للأشياء الطبية الغريبة، ولكنهـا لم تُجدول أبداً أو تُنظّـم، ويعود السبب في ذلك إلى أن العمل الورقي الذي يشرح أهمية كل منها ضاع بعد وفاة هنتر.

بـرز أوين بسرعة بسبب قواه في التنظيم والاستنتاج. وفي الوقت نفسه بيَّن أنه عالم تشريح لا نظير له، يمتلك غرائز لإعادة البناء مساوية تقريباً لكوفييه العظيم

في باريس. وصار خبيراً في تشريح الحيوانات بحيث مُنح حق الشُّفعة(*) في البداية عن أي حيوان ينفق في حدائق الحيوانات في لندن، وكان يرسل إلى منزله كي يفحصه. ومرة عادت زوجته إلى المنزل فشاهدت كركدناً نافقاً يملأ الصالة. وصار أوين بسرعة خبيراً بارزاً في جميع أنواع الحيوانات الحية والمنقرضة، من خلود الماء، وقنافذ النمل وجرابيّات مكتشفة حديثاً إلى طيور الدودو سيئة الحظ والطيور العملاقة المنقرضة التي تُدعى الموّة التي طافت في نيوزلندة إلى أن قضى عليها الماووريون(**) . كان أوين أوّل من وصف الطائر الأوليّ (الأركيوبتريكس) بعد اكتشافه في بافاريا في 1861، وأول من كتب مرثية رسمية لطائر الدودو. وقد ألّف قريباً من ست مئة بحث في التشريح، وكانت هذه محصلة غزيرة.

ولكن أوين يُذكر بسبب عمله مع الديناصورات. وقد نحت مصطلح ديناصوريا dinsauraia عام 1841. وتعني «الزاحف المروع»، وكان هذا اسماً غير ملائم بنحو غريب. إن الديناصورات كما نعرفها اليوم لم تكن كلها مروعة: فبعضها لم يكن أكبر من الأرانب، وعلى الأرجح كانت منطوية بنحو كبير، والشيء الوحيد الذي لم تكنه بنحو مؤكد هو العظايات، التي هي بالفعل من نسب أقدم (بثلاثين مليون عام). كان أوين يعرف جيداً أن الكائنات من الزواحف وكان تحت تصرفه كلمة يونانية جيدة herpeton، ولكنه اختار لأحد الأسباب ألا يستخدمها. والخطأ الآخر الأكثر قابلية للعذر (بسبب ندرة العيّنات آنذاك) كان فشله في أن ينتبه إلى أن الديناصورات لا تشكل نسقاً واحداً من الزواحف، بل اثنين: وهي الزواحف الطائرة والعظاءات.

لم يكن أوين شخصاً جذاباً في مظهره أو مزاجه. وتكشف صورة له حين كان في منتصف العمر أنه كان كئيباً وشريراً، كالوغد في ميلودراما فكتورية، بشعر طويل سبطٍ وعينين منتفختين، كان وجهه يخيف الأطفال. وقد كان بارداً ومتغطرساً،

(*) حق قبول شيء أو رفضه قبل عرضه على الآخرين. المترجم.

(**) سكان نيوزلندة الأصليون. المترجم.

وكان دون وازع في تعزيز طموحه. وكان الشخص الوحيد الذي عُرف أن تشارلز دارون لا يطيقه. وحتى ابن أوين (الذي انتحر فيما بعد) شكا من «برودة قلب والده».

ولكن مواهبه الفذة كونه عالم تشريح سمحت له بأن يمر بأكثر الأكاذيب صفاقة. ففي 1857 كان عالم الطبيعة ت.هـ. هكسلي يقلب في طبعة جديدة من دليل تشرشل الطبي، فانتبه إلى أن أوين مسجّل كبروفسور في التشريح المقارن والفسيولوجيا في المدرسة الحكومية في ماينز، مما أدهش هكسلي بما أنه كان هذا هو المنصب الذي يشغله هو. ولدى التحقق من كيفية ارتكاب تشرشل لهذا الخطأ الجوهري، قيل له: إنهم حصلوا على المعلومات من الدكتور أوين نفسه. كان هناك عالم طبيعة زميل يدعى هيو فالكونر أمسك بأوين وهو يقتنص التكريم من أجل أحد اكتشافاته. واتهمه آخرون باستعارة عيّنات، ثم بإنكار ذلك فيما بعد. وقد دخل أوين في نزاع مرير مع طبيب أسنان الملكة حول استحقاق نظرية تتعلق بفسيولوجيا الأسنان.

لم يتردد أوين في اضطهاد أولئك الذين كرههم. وباكراً في مهنته استخدم نفوذه في الجمعية الحيوانية؛ كي يطرد شاباً يدعى روبرت جرانت، الذي كانت جريمته الوحيدة أنه أظهر وعداً بأن يصبح عالم تشريح. ودُهش جرانت حين اكتشف فجأة أنه مُنع من الحصول على العيّنات التشريحية التي يحتاج إليها للقيام بأبحاثه. فلم يقدر على مواصلة عمله، ودخل في إحباط غامض قابل للفهم.

لم يعانِ أحد مثل (جيديون مانتل) سيئ الحظ والمأساوي من مجاملات أوين غير اللطيفة. فبعد أن فقد زوجته وأبناءه ومهنته الطبية ومعظم مجموعته من المستحاثات، انتقل مانتل إلى لندن. وهناك، في عام 1841؛ العام المشؤوم الذي أنجز فيه أوين مجده الأعظم لتسمية وتحديد الديناصورات، تعرض مانتل لحادث مروع. فبينما كان يعبر (كلابمهم كومون) في عربة سقط من مقعده، وعلق بالأعنة وجُرّ بسرعة على الأرض الوعرة من قبل الأحصنة المسعورة. وقد تركه الحادث محنياً ومشلولاً وفي ألم مزمن، بعمود فقري مخرب لا يعالج.

انطلق أوين مستثمراً حالة مانتل الضعيفة، بشكل منهجي؛ كي يحذف إسهاماته من السجل، ويعيد تسمية الأنواع التي سمّاها مانتل قبل سنوات ويدّعي حق اكتشافها لنفسه. واصل مانتل القيام بالبحث الأصيل، ولكن أوين استخدم نفوذه في الجمعية الملكية لضمان رفض معظم أبحاثه. وفي 1852 انتحر مانتل غير قادر على تحمل المزيد من الألم أو الاضطهاد، أُزيل عموده الفقري المشوّه وأرسل إلى الجمعية الملكية للجراحين حيث -وهنا مفارقة لكم- وُضع في رعاية رتشارد أوين؛ مدير متحف هنتريان في الكلية.

لكن الإهانات لم تنتهِ تماماً. حالاً بعد وفاة مانتل، ظهرت نعرة شريرة بنحو لافت في ليتراري جازيت، صُوِّر فيها مانتل عالَم تشريح عادي، اقتصرت إسهاماته المتواضعة في علم الإحاثة على «حاجة إلى المعرفة الدقيقة». وقد أزال في النعوة حتى اكتشاف الإغوادون من أعماله، ومنحه بدلاً من ذلك لكوفييه وأوين، من بين آخرين. وبالرغم من أن المادة لم تُذيّل باسم الكاتب إلا أن الأسلوب كان أسلوب أوين، ولم يشك أي شخص في عالم العلوم الطبيعية بالمؤلف.

في هذه المرحلة -على أي حال- بدأت انتهاكات أوين تؤثر عليه. وبدأ سقوطه حين قررت لجنة الجمعية الملكية التي كان رئيسها أن تمنحه جائزتها الأعلى، وهي الوسام الملكي، من أجل بحث كتبه عن حيوان رخويّ يُدعى السّيجارية؛ وهي محارة متحجّرة أشبه بالسيجار. وكما تقول ديبوراه كادبري في كتابها الممتاز الذي يؤرخ لتلك المدة بعنوان «الزاحف المروع»: «على أي حال لم يكن هذا البحث أصيلاً». وتبيّن أن السِّيجارية قد اكتُشفت قبل أربع سنوات على يد عالم طبيعي يدعى تشانتج بيرس، وقد أذيع الاكتشاف بشكل كامل في اجتماع للجمعية الجيولوجية. كان أوين حاضراً في ذلك الاجتماع، لكنه امتنع عن ذكر ذلك حين قدّم تقريراً إلى الجمعية الملكية، وأعاد فيه -بشكل مقصود- تسمية الكائن باسم سيجاريّة أوين belemnites Owenii مانحاً لنفسه شرف الاكتشاف. وبالرغم من أنه سُمح لأوين بالاحتفاظ بالوسام الملكي، فإن الحادثة لطّخت سمعته بشكل دائم، حتى بين داعميه المتبقّين.

أخيراً نجح هكسلي في أن يفعل لأوين ما فعله أوين مع كثيرين آخرين: جعلهم يصوّتون على طرده من مجالس الجمعيات الحيوانية والملكية. وكي يتوّج العقوبة أصبح هكسلي الأستاذ الجديد في الكلية الملكية للجرّاحين.

لم يقم أوين بعد ذلك بأي أبحاث مهمة، ولكنه كرّس النصف الأخير من حياته العملية من أجل إنجاز واحد يعلو على النقد والاعتراض، يمكن أن نكون جميعنا ممتنين له من أجله. ففي 1856 صار رئيس قسم التاريخ الطبيعي في المتحف البريطاني، وصار القوة المحرّكة وراء إنشاء متحف التاريخ الطبيعي في لندن. إن ذلك المجمّع المهيب والجميل والقوطي في ساوث كنسنغتون، افتُتح عام 1880، ويشهد بشكل كامل على رؤيته.

قَبْلَ أوين، كانت المتاحف مصمّمة لاستخدام وتثقيف النخبة، وكانوا يجدون صعوبة في الدخول إليها. وفي الأيام الأولى للمتحف البريطاني، كان على الزوار المحتملين أن يقدّموا طلباً مكتوباً، ويخضعوا لمقابلة موجزة لتحديد إن كانوا ملائمين؛ كي يسمح لهم بالدخول. ثم كان عليهم أن يعودوا مرة ثانية كي يأخذوا بطاقة هذا، إذا نجحوا في المقابلة ثم يأتون مرة ثالثة للنظر إلى كنوز المتحف. حتى آنذاك كانوا يتجوّلون في جماعات ولا يُسمح لهم بالتريّث. كانت خطة أوين هي الترحيب بالجميع، إلى درجة تشجيع الموظّفين على الزيارة في الليل، وتخصيص معظم مساحة المتحف للعروض الشعبية. واقترح - على نحو جذري - أن يضع لصقات تحتوي على معلومات في كل مادة معروضة؛ كي يستطيع الناس معرفة ما يشاهدونه. ولكن على نحو غير متوقّع، عارضه في ذلك ت.هـ. هكسلي، الذي اعتقد أن المتاحف يجب أن تكون مؤسسات بحث في الدرجة الأولى. وبتحويل متحف العلوم الطبيعية إلى مؤسسة للجميع، حوّل أوين توقّعاتنا حول هدف المتاحف.

مع ذلك، إن إيثاره للبشر لم يحرفه عامة عن المزيد من الخصومات الشخصية. وكانت آخر أفعاله الرسمية هي حشد الدعم ضد اقتراح لتشييد تمثال في ذكرى تشارلز داروين. لكنه أخفق في ذلك، بالرغم من أنه حقّق انتصاراً متأخراً غير

مقصود. واليوم يقوم تمثاله بإطلالة متقنة من سلّم القاعة الرئيسة لمتحف العلوم الطبيعية، بينما وُضع تمثالا داروِن وهكسلي لسبب غامض نوعاً ما في مقهى المتحف، حيث ينظران بجدّية فوق بشر يشربون الشاي ويأكلون الكعك المحلّى.

سيكون من المعقول افتراض أن خصومات روبرت أوين التافهة تشرح الأهمية المنخفضة لعلم الإحاثة في القرن التاسع عشر، ولكن الأسوأ، جاء هذه المرة من وراء البحار. ففي أمريكة، وفي العقود الأخيرة للقرن نشأت خصومة أكثر سمّية -هذا إن لم تكن أكثر تدميراً- بين رجلين غريبين لا يرحمان هما إدوارد درينكر كوب وأوثنييل تشارلز مارش.

كانا يشتركان في أمور كثيرة. كلاهما كان مُفسداً من الدلال، ومقوداً، وأنانياً، وميالاً إلى النزاع، وفاقداً للثقة، وغيوراً غير سعيد ودائماً. وتبادلا فيما بينهما عالم علم الإحاثة.

بدأا صديقين معجبين ببعضهما بعضاً، وكان يسمّيان عيّنات المستحاثات باسميهما، وأمضيا أسبوعاً ممتعاً سوية في عام 1868. على أي حال، حدث خطأ ما بينهما لا أحد متأكد ما هو وفي العام الآتي نشأت بينهما عداوة تحوّلتْ إلى حقد استهلك ما في العقود الثلاثة اللاحقة. إنه لآمن من الأرجح القول: إنه لم يكن هناك اثنان في العلوم الطبيعية احتقرا بعضهما بعضاً أكثر منهما.

كان مارش -الأكبر بثمانية أعوام- شخصاً منعزلاً وقارئاً، لحيته مشذّبة وأنيق، وكان يمضي وقتاً قليلاً في العمل الميداني، ونادراً ما كان جيداً جداً في العثور على أشياء حين يكون هناك. ففي زيارة إلى حقول الديناصورات المشهورة كومو بلوف، في ويومنغ، لم يرَ العظام التي كانت -كما عبّر أحد المؤرخين- «تتناثر في كل مكان كالحطب». ولكن كان لديه المال لشراء أي شيء يريده تقريباً. وبالرغم من أنه جاء من خلفية متواضعة كان والده مزارعاً في الجزء الشمالي من نيويورك، فقد كان عمه الغني الكبير والمموّل المسرف جورج بيبودي. وحين أظهر مارش ميلاً إلى

التاريـخ الطبيعي، بنى لـه بيبودي متحفاً في ييل وقدم له تمويـلاً كافياً؛ كي يملأه بكل ما يهواه.

ولـد كوب مباشرة في جو غني كان والده رجل أعمال غنياً من فيلادلفيا، وكان الأكثر ميلاً بين الاثنين إلى المغامرة. ففي صيف 1876 في مونتانا، بينما كان جورج أرمسترونـغ كستر وقواته يُقتلون في ليتل بيك هـورن، كان كوب يبحث عن العظام في الجـوار. وحين قيل لـه: إن هذا ليس الوقت الأفضل لأخـذ الكنوز من الأراضي الهنديـة، فكّر كوب للحظة وقرر أن يتابع بـأي حال. كان يمر في موسم جيد جداً. فقد صادف فريقاً من هنود الكراو المثيرين للريبة، ولكنه نجح في ربحهم بإخراجه المتكرر لطقم أسنانه وإدخاله.

بعد عقد تقريباً، أخذت كراهية مارش وكوب المتبادلة شكل التعريض الصامت، ولكـن في عـام 1877 حلقـت إلـى ذروات جديـدة. في ذلك العام عـثر مدرس من كولـورادو يدعى آرثر ليكـس على عظام قرب موريسون بينما كان يتنزّه مع صديق. وبعد أن عرف أن العظام هي لـ«زاحف عملاق» أرسل ليكس بعد تفكير عيّنات منها إلى مارش وكوب. أرسل كوب المسرور 100 دولار إلى ليكس؛ لقاء أتعابه، وطلب منه ألا يخـبر أحداً عن الاكتشاف، وخاصة مارش. طلـب ليكس مشوشاً، من مارش أن يرسل العظام إلى كوب. فعل مارش هذا، ولكن هذه كانت إهانة لن ينسها أبداً.

حـدد هذا أيضـاً بداية حرب بين الاثنين صارت مريـرة بنحو متزايد، وماكرة وسخيفة في غالب الأحيان. وقد انحدرت مرة إلى مستوى أن حفّاري أحد الفريقين كانـوا يرمون الصخـور على حفاري الفريق الآخر. وقد قُبِض على كوب مرة وهو يسـرق معلومات من الصناديـق المفتوحة التي يملكها مارش. وقـد أهانا بعضهما في مؤلفاتهمـا وازدريـا مكتشفـات بعضهمـا بعضاً. نـادراً ما دُفع العلـم بسرعة ونجـاح أكبر مـن قبل العـداوة. ففي السنـوات العديدة اللاحقـة زاد الاثنان من عـدد أنواع الديناصورات المعروفة في أمريكة من تسعـة إلى مئة وخمسين تقريباً. وقـد عـثرا تقريباً على جميـع الديناصورات التـي يعرفها الإنسـان العادي، عثرا

على الأسطغوروس، والبرونتوصور، والديبلودوكوس، وثلاثي القرون(*). ولسوء الحظ عملا بسرعة طائشة، بحيث إنّهما أخفقا في غالب الأحيان في ملاحظة أن اكتشافاً جديداً كان معروفاً في السابق. ونجحا سوية في «اكتشاف» نوع يُدعى Uintatheres anceps ليس أقل من اثنتين وعشرين مرة. استغرق الأمر سنوات لحل بعض أخطاء التصنيف التي ارتكباها. وبعضها لم يحل بعد.

كان تراث كوب العلمي أكثر أهمية من تراث مارش. فقد ألف طوال حياة مهنية مجهدة ساحرة نحو 1400 بحث علمي ووصف تقريباً 1300 نوع من المستحاثات (من جميع الأنواع، وليس الديناصورات فقط). وكان هذا أكثر من ضعفي محصلة مارش في كلتا الحالتين. كان من الممكن أن يفعل كوب أكثر من ذلك، ولكن لسوء الحظ انحدر بشكل متهوّر في سنواته الأخيرة. بعد أن ورث ثروة في 1875، استثمر دون حكمة في الفضة وخسر كل شيء. وانتهى به الأمر إلى الحياة في غرفة واحدة في مثوى في فيلادلفية، محاطاً بالكتب والأوراق والعظام. بالمقابل، انتهى الأمر بمارش إلى منزل رائع في نيو هيفن. توفّي كوب في 1897، ومات مارش بعده بعامين.

طوّر كوب في أعوامه الأخيرة اهتماماً آخر ممتعاً. كانت رغبته الجدية هي أن يُعلن بوصفه نموذجاً طرازيًّا للإنسان الحديث، أي أن تكون عظامه عيّنة رسمية للسلالة البشرية. عادة يكون النموذج الطرازي لنوع ما هو أول مجموعة عظام يتم العثور عليها، وبما أنه لم توجد مجموعة أولى من عظام الإنسان الحديث، كان هناك فراغ، رغب كوب بملئه. كانت رغبة غريبة وعبثية، ولكن لا أحد يستطيع التفكير بأي أسس لمعارضته. من أجل هذه الغاية، أوصى أن تُمنح عظامه لمؤسسه ويستر؛ وهي جمعية علمية في فيلادلفيا وهبها المنحدرون من كاسبار ويستر، الذي يبدو أنه لا يمكن الهرب من تأثيره. ولسوء الحظ -بعد أن جُهِّزتْ عظامه وجُمعت- اكتُشف أن فيها أعراض سفلس أولية، ولهذا لن يرغب المرء بحفظها على أنها نموذج طرازي للبشر الحديثين.

(*) الاستثناء الملحوظ هو التيرانوصور الذي اكتشفه بارنوم براون في 1902.

أما بالنسبة للممثلين الآخرين في هذه المسرحية، فقد توفي أوين في 1892، قبل كوب ومارش ببضع سنوات. أصيب بكلاند بالجنون وأنهى أيامه حطاماً مهذاراً في مشفى للمجانين في كلابمهم، غير بعيد عن المكان الذي تعرّض فيه مانتل للحادث الذي أدّى إلى شلله. وبقي عمود مانتل الفقري الملتوي معروضاً في متحف هنتاريان تقريباً مدة قرن قبل أن تطمسه برحمة قنبلة ألمانية في البليتز. ما بقي من مجموعة مانتل بعد موته انتقل إلى أولاده ونُقل كثير منه إلى نيوزلندة من قبل ولده والتر، الذي هاجر إلى هناك في 1840. أصبح والتر مواطناً نيوزلندياً مميّزاً، وحصل في النهاية على منصب وزير الشؤون المحلية. وفي 1865 تبرّع بالعيّنات الرئيسة من مجموعة والده، وبينها سن الإغوادون المشهور، إلى المتحف الكولونيالي (الذي هو الآن متحف نيوزلندة) في ولنغتون، حيث بقيت هناك منذ ذلك الوقت. إن سن الإغوادون الذي بدأ الأمر كلّه والذي يُعدُّ بنحو مثير للجدل أهم سن في علم الإحاثة لم يعد معروضاً.

لم ينتهِ البحث عن الديناصورات بوفيات صيادي المستحاثات العظام في القرن التاسع عشر. فقد بدأ لتوّه إلى درجة مفاجئة. ففي عام 1898 -العام الذي يقع بين وفاة كوب ومارش- تم اكتشاف كنز هو الأعظم بين كل ما عثر عليه حتى الآن، في مكان يُدعى بون كيبن كواري، لا يبعد إلا عدة أميال عن أرض صيد مارش الرئيسة في كومو بلف، ويومنغ. هناك، مئات ومئات من العظام المستحاثية اكتُشفت ناتئة من التلال. كانت كثيرة جداً -في الحقيقة- بحيث إنّ أحداً ما بنى كوخاً منها ومن هنا جاء الاسم. استُخرج في الموسمين الأولين فحسب مئة ألف رطل من العظام القديمة من الموقع، وجاءت عشرات الآلاف من الأطنان الأخرى في السنوات التي أعقبت ذلك.

وفي مستهل القرن العشرين كان علماء الإحاثة يمتلكون أطناناً من العظام القديمة؛ كي يفحصوها. المشكلة هي أنهم لا يزالون يجهلون كم عمر أي من هذه العظام. والأسوأ، إن الأعمار المتفق عليها للأرض لا تستطيع أن تدعم بنحو مريح أعداد الدهور والعصور والحقب، التي احتوى عليها الماضي بوضوح. فلو كان عمر

الأرض في الحقيقة فقط 20 مليون عام أو ما يقارب ذلك، كما ألح اللورد كلفن العظيم، لكانت أنظمة الكائنات القديمة كلها يجب أن تكون قد وُجدت، وانقرضت مرة ثانية عملياً في اللحظة الجيولوجية نفسها. وليس لهذا أي معنى.

فكّر علماء آخرون على غرار كلفن في المشكلة وخرجوا بنتائج عمّقت عدم اليقين فقط. وأعلن ساموبل هوتون -عالم الجيولوجيا المحترم، في كلية ترينيتي في دبلن- عمراً مقدّراً للأرض وهو 2,300 مليون عام تجاوز كل ما اقترحه الجميع. حين جذب هذا انتباهه، أعاد الحساب مستخدماً المعطيات نفسها وجعل الرقم 135 مليون عام. وفكر جون جولي؛ الذي كان هو أيضاً في ترينيتي، أن يجرب فكرة إدموند هالي عن أملاح المحيط، ولكن منهجه استند إلى كثير من الافتراضات المغلوطة، بحيث لم يصل إلى نتيجة. حسب أن عمر الأرض 89 مليون عام، وهذا عمر انسجم بما يكفي مع افتراضات كلفن، ولكنه لم يكن حقيقياً لسوء الحظ.

هكذا كان التشوش بحيث إنّه عند اقتراب نهاية القرن التاسع عشر، وبحسب المصادر المتنوعة، يمكنكم أن تعرفوا أن عدد السنوات التي فصلت بيننا وبين فجر الحياة المعقّدة في العصر الكامبري كان 3 ملايين، 18 مليوناً، 600 مليون، 794 مليوناً، أو 2,4 بليون، أو عدد ما آخر داخل التسلسل. وفي أواخر 1910، جعلت أحد أكثر التقديرات احتراماً، التي قام بها الأميركي جورج بيكر، عمر الأرض 55 مليون سنة.

وحين بدت الأمور مشوشة جداً جاء رقم آخر فائقاً للعادة بمقاربة جديدة. قدم فتى مزرعة نيوزلندي ذكي ومتألق - يدعى إرنست رزرفورد - دليلاً غير قابل للدحض بأن عمر الأرض كان على الأقل مئات كثيرة من ملايين الأعوام، وربما أكثر.

وبنحو لافت، استند دليله على الخيمياء(*) التي كانت طبيعية، وتلقائية، وقابلة للتصديق علمياً وغير خفية بنحو كامل ولكنها كانت كيمياء. وتبيّن أن نيوتن لم يكن مخطئاً في النهاية. كيف صار هذا واضحاً بدقة هو قصة أخرى بالطبع.

(*) هي الكيمياء القديمة وكانت غايتها تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب. (المراجع).

مسائل عناصريّة

غالباً ما يُقال: إن الكيمياء كعلم جدي ومحترم بدأت في 1661، حين نشر روبرت بويل من أكسفورد كتابه عالِم الكيمياء الشكّاك، العمل الأول الذي ميّز بين الكيميائيين والخيميائيين، ولكنَّ هذا كان تحولاً بطيئاً وعشوائياً في غالب الأحيان. وفي القرن الثامن عشر كان الباحثون يشعرون بالارتياح بنحو غريب في كلا المعسكرين، على غرار الألماني جوهان بيكر Johann Becher الذي ألّف عملاً رصيناً يعلو على النقد عن علم المعادن يُدعى فيزياء باطن الأرض، والذي كان متأكداً أيضاً أنه لو توافرت المواد المطلوبة لاستطاع جعل نفسه غير مرئي.

ربما لا شيء يصوِّر الطبيعة الغريبة والعرضية في غالب الأحيان لعلم الكيمياء في أيامه الأولى أكثر من اكتشاف قام به ألمانيٌّ يُدعى هينج براند Hennig Brand في 1675. صار براند مقتنعاً أن الذهب يمكن أن يُستخرج من البول البشري. (وبدا كأن التشابه في اللون كان عاملاً في استنتاجه). جمع خمسين دلواً من البول، وحفظه لشهور في قبوه. وعبر عمليات مبهمة متنوّعة، حوّل البول في البداية إلى عجينة كريهة ثم إلى مادة شمعية شفّافة. لم ينتج الذهب، بالطبع، ولكن حدث شيء غريب وممتع. بعد مدة، بدأت المادة بالتوهّج. فضلاً عن ذلك، حين تعرضت هذه المادة للهواء، اشتعلت على الفور.

لم يضيّع التجار المتلهفون احتمال تسويق المادة التي صارت في الحال تُعرف باسم الفوسفور، من الجذر اللاتيني واليوناني، الذي يعني «حامل الضوء» ولكن صعوبة التصنيع جعلتها مكلفة جداً. كان سعر أونصة من الفسفور ستة باوندات ربما 300 جنيه بعملة اليوم وكانت أغلى من الذهب.

في البداية، كان الجنود يُستدعون لتقديم المادّة الخام، ولكن ترتيباً كهذا بالكاد كان مفضياً إلى إنتاج على المستوى الصناعي. وفي خمسينيات القرن الثامن عشر،

اخترع عالم كيمياء سويدي يُدعى كارل سكيل Carl Scheele طريقة لصناعة الفوسفور بكميات كبيرة دون تلوث أو رائحة البول. وربما بسبب إتقان صناعة الفسفور صارت السويد -وما تزال- الأولى في إنتاج أعواد الثقاب.

كان سكيل شخصاً فائقاً للعادة وسيئ الحظ بنحو فائق للعادة في آن واحد. فهذا الصيدلي المتواضع الذي لم يكن يملك سوى القليل من الأجهزة المتطورة، اكتشف ثمانية عناصر: الكلورين والفلورين والمنغنيز والباريوم والموليبدنوم، والتنغستين، والنتروجين والأوكسجين ولم يحصل على شرف اكتشاف أي منها. وفي كل حالة، إما أُهملت مكتشفاته أو نُشرت بعد قيام شخص آخر بالاكتشاف نفسه بنحو مستقل. وقد اكتشف أيضاً كثيراً من المركّبات المفيدة وبينها الأمونيا والغلسيرين وحمض التّنيك، وكان أول من عرف الإمكانية التجارية للكلورين كمبيّض، وكانت هذه كلها فتوحات جعلت بشراً آخرين أثرياء بنحو يفوق الوصف.

كان خطأ سكيل الوحيد الملحوظ هو إصراره الغريب على تذوّق قليلٍ من كل شيء عمل عليه، بما فيه مواد غير متفقة كالزئبق وحمض الهيدروسيانيك (اكتشاف آخر له)، وهو مزيج سام واسع الشهرة بحيث إنّ إروين شرودنجر اختاره بعد 150 عاماً في تجربة فكرية مشهورة (انظر ص 190). وأخيراً أودى تهوّر سكيل به. ففي 1786 -وفي سن الثالثة والأربعين- عُثر عليه ميتاً على مقعد عمله محاطاً بحشد من المواد الكيماوية السامة، وأي منها يمكن أن يفسر النظرة المدهوشة والمهلكة على وجهه.

لو كان العالم عادلاً ويتكلّم السويدية لتمتّع سكيل بشهرة كونية. وكما حدث، كانت الاحتفاءات من حظ علماء الكيمياء، وكان معظمهم من العالم الناطق بالإنكليزية. لقد اكتشف سكيل الأوكسجين في 1772، ولكن لعدة أسباب معقدة ومحطمة للقلب لم يستطع نشر أبحاثه في وقت مناسب. ذهب الشرف بدلاً من ذلك إلى جوزف بريستلي، الذي اكتشف العنصر نفسه على نحو مستقل، ولكن فيما بعد، وفي صيف عام 1774. وكان من اللافت أكثر هو عدم تلقي سكيل لشرف

اكتشـاف الكلورين. وما تزال جميع النصوصـ تقريباً تعزو اكتشاف الكلورين إلى همفري ديفي، الذي اكتشفه بالفعل، ولكن بعد ستة وثلاثين عاماً من سكيل.

وبالرغـم من أن الكيمياء قد قطعت شوطـاً طويلاً في القرن الذي فصل نيوتن وبويـل عن سكيـل وبريستلي وهنري كافندشـ، كان لا يزال أمامهـا طريق طويل. وحتـى الأعوام الختامية للقرن الثامـن عشر (وفي حالة بريستلي بعد ذلك بقليل) بحـث العلمـاء في كل مكان، واعتقـدوا أحياناً أنهـم عثروا بالفعل علـى أشياء لم تكن هنـاك فحسب: أجواء فاسـدة، وبقايا بحرية محترقـة، وأحماض، وأعشاب معمّـرة، ونثار معـادن، ومزفورات يابسية مائية، وقبل كل شـيء، اللاّهوب، المادة التـي اعتُقـد أنها العامل الفاعل في الاحتراق. وفي مـكان ما في كل هذا، اعتُقد أنه تكمـن أيضـاً القوة الخلاقة؛ القوة التي أحيت الأشيـاء. لم يعرف أحد مكمن هذا الجوهر الأثيري، وكان هناك شيئان مرجّحان: إنك تستطيع أن تحيي الشيء الميت بصدمـة كهربائية (الفكرة التي استغلتها ماري شيللـي من أجل نتائجها النهائية في روايتهـا فرانكشتاين)؛ وإنها توجد في بعض المـواد ولكن ليس في أخرى، ولهذا انتهينا بفرعين من الكيمياء: العضوية (لتلك المواد التي اعتُقد أنها تحتوي عليها) واللاعضوية (لتلك التي لم تحتوِ عليها).

كانت هنـاك حاجة إلى شخص مبدع؛ كي يجدد الكيمياء في العصر الحديث، وكان الفرنسيـون هـم الذين قدّمـوه. كان اسمه أنطوان لـوران لافوازييه. وُلد في عام 1743، وكان عضواً من النبلاء الثانويين (أمّن والده لقباً للأسرة). وفي عام 1768 اشـترى حصة جيدة في مؤسسة مزدراة جداً تُدعـى المزرعة العامة، كانت تجمع الضرائب والأجور لصالـح الحكومة. وبالرغم من أن لافوازييه كان بحسب كل الروايات لطيفاً وغير متحيّز، لم تكن المؤسسة التي عمل فيها هكذا. ذلك أنها لم تفرض الضرائب على الأغنياء بل على الفقراء، وغالباً بنحو اعتباطي. بالنسبة للافوازييه، كانت جاذبيـة المؤسسة هي أنها قدمت له الثروة؛ كي يواصل ملاحقة العلـم الذي كرّس له حياته. في أوج عمله، كان دخله الفردي 150,000 لِيفر(*) في العام، ما يعادل ربما 12 مليون جنيه بعملة اليوم.

(*) وحدة نقد فرنسية قديمة. المترجم.

بعد ثلاث سنوات من الانخراط في هذه المهنة المربحة، تزوج من ابنة أحد رؤسائه التي تبلغ الرابعة عشرة من عمرها. كان الزواج اجتماعاً للعقل والقلب. كانت المدام لافوازييه تمتلك ذكاء حاداً وصارت في الحال تعمل بنحو مثمر مع زوجها. وبالرغم من متطلبات عمله وحياته الاجتماعية المشغولة، نجحا في معظم الأيام في أن يخصصا خمس ساعات للعلم، اثنتين في الصباح الباكر، وثلاثاً في المساء، بالإضافة إلى يوم الأحد كله، الذي سمّياه يوم السعادة. ونوعاً ما عثر لافوازييه أيضاً على الوقت؛ كي يكون مفوّض البارود، ويشرف على بناء سور حول باريس لردع المهرّبين، وساعد في اكتشاف النظام المتري وشارك في تأليف منهج الترميز الكيميائي الذي صار توراة للإقرار بأسماء العناصر.

وبوصفه عضواً بارزاً في الأكاديمية الملكية للعلوم، طُلب منه أيضاً أن يهتم بطريقة فاعلة بكل ما كان ذا علاقة بالأحداث الجارية: التنويم المغناطيسي، وإصلاح السجن، وتنفّس الحشرات، وتزويد باريس بالماء. وبسبب تمتّعه بقدرات كهذه تفوّه في عام 1780 ببعض الملاحظات ضد نظرية الاحتراق الجديدة، التي قدّمها إلى الأكاديمية عالم شاب طموح ورفضها. كانت النظرية خاطئة بالفعل، ولكن العالِم لم يسامحه أبداً. كان اسمه جان بول مارا Jean-Paul Marat.

كان الشيء الوحيد الذي لم يفعله لافوازييه أبداً هو اكتشاف عنصر في وقت بدا فيه أن أي شخص تقريباً لديه كوب الصيدلي، ولهب وبعض المساحيق المهمة، يستطيع أن يكتشف شيئاً جديداً. حينها، كان ثلثا العناصر دون اكتشاف وأخفق لافوازييه في اكتشاف عنصر واحد. لم يكن الأمر بالتأكيد بسبب الحاجة إلى كؤوس الصيادلة. كان لافوازييه يملك منها ثلاثة عشر ألفاً فيما كان -إلى درجة خارقة- أروع مختبر خاص في الوجود.

بدلاً من ذلك قام باكتشاف عناصر أخرى وجعلها مفهومة. رمى جانباً الفلوجستين والأجواء السامة وحدد طبيعة الأوكسجين والهيدروجين وأعطى كليهما اسميهما الحديثين. باختصار، أدخل الدقة والوضوح والمنهجية إلى الكيمياء.

جاءت أجهزته الخيالية بسهولة. شغل نفسه طيلة أربع سنوات هو وزوجته بدراسات عالية الدقة تتطلب أفضل المقاييس. حدّدا (مثلاً) أن الشيء الذي يصدأ لا يفقد الوزن، كما افترض الجميع لوقت طويل، ولكنه يكسب وزناً: وكان هذا اكتشافاً فائقاً للعادة. حين يصدأ الشيء، فإنه يجذب جسيمات أوليّة من الجو. كان هذا هو الإدراك الأول بأن المادّة يمكن أن تُحوّل لكن لا تُزال. إذا أحرقت هذا الكتاب الآن، فإن مادّته ستتحوّل إلى رماد ودخان، ولكن الكمية الصافية للمادة في الكون ستكون نفسها. وصار هذا معروفاً باسم بقاء المادة، وقد كان هذا مفهوماً ثورياً. ولسوء الحظ، تزامن مع نمط آخر من الثورة هو الثورة الفرنسية وفي هذه كان لافوازييه في الجهة الخطأ.

لم يكن عضواً في المزرعة العامة المكروهة فحسب، وإنما بنى أيضاً بحماس السور الذي أحاط بباريس، هذا الصرح الذي كُره إلى درجة أنه كان الشيء الأول، الذي هُوجم من قبل المواطنين المتمرّدين. استثمر مارا هذا في 1791 وبعد أن صار صوتاً بارزاً في المجلس الوطني. شجب لافوازييه وقال: إنه لم يفت الوقت على شنق لافوازييه، بعد ذلك في الحال أغلقت المزرعة العامة. ولم يمضِ وقت طويل على هذا حتى قُتل مارا في حمامه على يد شابة محزونة اسمها شارلوت كوردي، ولكن في هذا الوقت كان الوقت متأخراً جداً بالنسبة للافوازييه.

وفي عام 1793 وصل عهد الإرهاب الذي كان قوياً إلى أوجه. وفي تشرين الأول سيقت ماري أنطوانيت إلى المقصلة. وفي الشهر اللاحق -وفيما كان هو وزوجته يضعان خططاً متأخّرة للهرب إلى أسكتلندة- اعتُقل لافوازييه. وفي أيار مَثل هو وواحد وثلاثون زميلاً من المزرعة العامة أمام المحكمة الثورية (في قاعة محكمة يرأسها تمثال مارا الصدري). أعفي عن ثمانية ولكن لافوازييه والآخرين أُخذِوا إلى ساحة الثورة (التي هي الآن ساحة الكونكورد)، وهو موقع أكثر المقاصل الفرنسية انشغالاً. راقب لافوازييه والد زوجته فيما كان رأسه يُقطع، ثم خطا إلى الأمام وقبل مصيره. بعد أقل من ثلاثة أشهر، في 27 تموز، أرسل روبسبير إلى المكان نفسه، فانتهى عهد الإرهاب بسرعة.

بعـد مئة عام من موته، شُيِّد تمثـال للافوازييه في باريس وأُعجب به الكثير إلى أن أشـار أحدهم أنـه لا يشبهه. ولدى التحقّق، اعترف النحّـات أنه استخدم رأس الرياضي والفيلسوف الماركيز (دو كوندورسيت) على ما يبدو كان لديه بديل، آملاً أنـه لا أحد سيلاحظ ذلـك وإن لاحظ فلن يأبه. وكان محقـاً في الأمر الثاني. فقد سُمـح لتمثـال لافوازييه المتحد مع كوندورسيت بالبقـاء في مكانه لنصف قرن آخر حتى الحرب العالمية الثانية، حين سُرق في صباح أحد الأيام، وتم تذويبه إلى خردة.

وفي أوائـل الثمانينيـات انتشـرت في إنكلترة عـادة استنشـاق الأكسيد النّتري (مخـدّر)، أو الغـاز الضاحـك، فبعـد اكتشافـه تم استخدامـه «بحماسـة عالية ومتعـة كبيرة». وبقي في نصف القرن اللاحق المخـدر المفضّل للشبّان. ولكن هيئة علمية أخرى تُدعى جمعيـة أسكسيان كانت مكرسة لشيء آخر. وعرضت المسارح «أمسيات الغاز الضاحك» حيـث كان المتطوّعون ينعشون أنفسهم باستنشاق قوي، ثم يمتعون الجمهور بحركاتهم الكوميدية المذهلة.

لم يكتشف أحد استخداماً عملياً للأكسيد النّتري كمخدّر حتى عام 1846. ولا أحد يعرف إلا الله كم عانت آلاف كثيرة من البشر من آلام غير ضرورية من سكين الجرّاح؛ لأنه لم يفكّر أحد بالاستخدام العملي الأكثر وضوحاً للغاز.

أذكـر هـذا كـي أشـير إلـى أن الكيمياء -بعـد أن وصلـت إلى هـذا الحد، في القـرن الثامن عشر- ضلّت سبيلها في العقـود الأولى من القرن التاسع عشر، كما فعلـت الجيولوجيـا في الأعوام الأولى للقرن العشريـن. وكان السبب هو محدودية الأجهـزة لم يكن هنـاك -علـى سبيل المثال- أدوات تعمل وفقـاً لمبدأ القوة النـابذة حتـى النصف الثاني مـن القرن، مما قيّد بحـدّة كثيراً من أنـواع التجارب وكان السبب أيضاً اجتماعياً. وإذا ما تحدثنا بصورة عامة، كانت الكيمياء علماً لرجال الأعمـال، أولئـك الذيـن عملوا في الفحـم الحجـري والبوتاس والأصبغـة، وليس للسادة، الذين شُدُّوا إلى الجيولوجيا، والتاريخ الطبيعي والفيزياء. (كان هذا أقل صحـة بنحو طبيعي في أوروبة القارية منه في بريطانية، ولكن فقط بنحو ضئيل).

كان أهم اكتشاف في القرن هو الحركة البراونيّة(*) ، التي أسست الطبيعة الفاعلة للجزيئات، الذي لم يقم به كيميائيٌ وإنما عالم نبات أسكتلندي يُدعى روبرت براون. (ما لاحظه براون في 1827 هو أن حبات صغيرة من غبار الطلع المنحلة في الماء، تبقى في حركة دائمة مهما حاولت جعلها تستقر. كان سبب هذه الحركة الدائمة وأعني فعل الجزيئات اللامرئية لغزاً لوقت طويل).

يمكن أن تكون الأمور أسوأ لولا شخصية رائعة ومفاجئة تُدعى الكونت فون رمفورد، الذي -بالرغم من مهابة لقبه- بدأ حياته في وبرن، ماساتشوسيتس، في 1753 باسم بنجامين تومسون البسيط. كان تومسون مندفعاً وطموحاً، «أنيق الشكل والشخصية»، وكان بين فينة وأخرى شجاعاً ومتألقاً بنحو مفرط، ولكن لم يردعه أي وازع. تزوج في سن التاسعة عشرة من أرملة تكبره بأربعة عشر عاماً، ولكن حين نشبت الثورة في المستعمرات انضم دون حكمة إلى الموالين، وتجسّس لصالحهم لبعض الوقت. وفي عام 1776 المشؤوم، كان معرضاً للاعتقال بتهمة «فقدان الحماسة في قضية الحرية»، فهجر زوجته وطفله وهرب أمام رعاع من المضادين للموالين مسلحين بدلاء من القار الساخن، وحقائب من الريش ورغبة جدية لتزيينه بكليهما.

هرب في البداية إلى إنكلترة ثم إلى ألمانية، حيث خدم كمستشار عسكري لحكومة بافاريا، ولأنه أثار إعجاب السلطات قُلِّد عام 1791 لقب الكونت فون رمفورد من الإمبراطورية الرومانية المقدسة. بينما في ميونخ صمّم أيضاً وأنشأ الحديقة المشهورة المعروفة باسم الحديقة الإنكليزية.

وفيما بين هذه الحوادث عثر نوعاً ما على الوقت كي يقوم بكمية جيدة من الأبحاث العلمية. صار المرجع الأول في العالم في الدّيناميكا الحرارية، وأول من فسّر مبادئ الحَمْل الحراري للسوائل ودوران تيارات المحيط. ابتكر أيضاً أشياء

(*) ظاهرة فيزيائية اكتشفها عالم النبات البريطاني روبرت براون قوامها تذبذب الجسيمات العالقة في سائل أو غاز تذبذباً سريعاً، وذلك بسبب اصطدامها بجزيئات الوسط المحيط بها. وهذه الظاهرة تُعدّ دليلاً لا يُدحض على وجود الحركة الجزيئية.

عديدة مفيدة، بينها جهاز تقطير لصناعة القهوة، ولباس داخلي حراري وموقد ما يزال يُعرف باسم موقد رمفورد. وفي 1805 -في أثناء إقامة مؤقتة في فرنسة- تودد إلى المدام لافوازييه وتزوّجها، وكانت أرملة أنطوان لوران. لم ينجح الزواج وانفصلا في الحال. بقي رمفورد في فرنسة حيث وافته المنيّة في 1814، وقُدِّر كونياً من الجميع عدا زوجاته السابقات.

إن هدفنا من ذكره هنا هو أنه في 1799 -وفي أثناء فاصل قصير نسبياً في لندن- أسّس المؤسسة الملكية، وهي واحدة من مؤسسات علمية أخرى كثيرة ظهرت إلى الوجود في أنحاء بريطانية كافة في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل التاسع عشر. كانت لبعض الوقت المؤسسة الوحيدة تقريباً التي عززت بنحو فاعل علم الكيمياء الفتيّ، ويعود الفضل في ذلك بشكل كامل إلى شاب متألق يدعى همفري ديفي، الذي عُيِّن أستاذاً للكيمياء في المؤسسة بعد وقت قصير من افتتاحها، وحظي بسرعة بالشهرة كمحاضر متميّز ومجرّب مثمر.

بعد أن تولّى منصبه حالاً بدأ ديفي ينتج عناصر جديدة واحداً بعد آخر البوتاسيوم، والصوديوم، والمغنيزيوم، والكالسيوم، والإسترنشيوم، والألومينوم أو الأملنيوم، وهذا يعتمد على فرع الإنكليزية الذي تفضّله(*) . اكتشف عناصر كثيرة ليس لأنه كان ذكياً فحسب، بل لأنه طوّر تقنية بارعة في استخدام الكهرباء على مادة مذابة، الطريقة المعروفة باسم الكَهْرَلة أو التحليل الكهربائي. وقد اكتشف دزينة من العناصر، شكّلتْ خمس العدد الكلي المعروف في زمنه. كان بوسع ديفي أن ينجز أكثر من هذا ولكن لسوء الحظ طوّر باعتباره شاباً ارتباطاً قوياً بمتع

(*) إن التشوش في تهجية الألومينوم والأملنيوم يعود إلى صفة غير مميزة لعدم الحزم لدى ديفي. حين عزل العنصر لأول مرة في 1808، دعاه ألومينوم. لسبب ما فكّر بهذا بنحو أفضل وسمّاه الأملنيوم بعد أربع سنوات. تبنى الأميركيون مطيعين المصطلح الجديد، لكن كثيراً من البريطانيين كرهوا الكلمة، مشيرين إلى أنها تقاطع نموذج الـ ium الذي أسسه الصوديوم والكالسيوم والإسترنشيوم، وهكذا أضافوا حرفاً صائتاً وآخر ساكناً. بين إنجازاته الأخرى، اخترع ديفي أيضاً مصباح الأمان الخاص بالمعدّنين.

الأكسيد النتري. وقد ارتبط بهذا الغاز بحيث كان يستخدمه ثلاث أو أربع مرات في اليوم. أخيراً، في 1829، اعتُقد أنه قتله.

لحسن الحظ، كانت شخصيات أكثر رصانة تعمل في أمكنة أخرى. ففي 1808 صار صاحبيٌّ صارم يدعى جون دالتون الشخص الأول الذي أعلن طبيعة الذرة (وهذا تقدم سيُناقش بنحو كامل فيما بعد) وفي 1811 قام إيطالي ذو اسم أوبرالي رائع هو لورنزو رومانو أماديو كارلو أفوغادرو، كونت كواريكا وسيريتو باكتشاف سيبرهن على أنه مهم جداً على المدى الطويل، وهو أن حجمين متساويين من الغاز من أي نوع، إذا حُفظا في الضغط والحرارة نفسيهما، سيحتويان على أعداد متساوية من الجزيئات.

كان هناك شيئان واضحان في مبدأ أفوغادرو البسيط بشكل مغرٍ، كما صار يُعرف: أولاً: قدّم أساساً لقياس حجم ووزن الذرات بشكل أكثر صحة. فباستخدام رياضيات أفوغاردو، كان علماء الكيمياء في النهاية قادرين على استنتاج، (مثلاً) أن ذرة عادية لها قطر من 0.00000008 سم، وهذا قليل جداً بالفعل. وثانياً: لم يعرف أحد عنها تقريباً لخمسين سنة(*) .

ويعود السبب في هذا جزئياً إلى أن أفوغادرو كان شخصاً منطوياً. كان يعمل وحده، ونادراً ما يتواصل مع زملائه العلماء، لم ينشر سوى أبحاث قليلة ولم يحضر أي اجتماعات؛ لأنه لم تكن هناك اجتماعات كي يحضرها أو مجلات كيميائية

(*) قاد المبدأ فيما بعد إلى التبني الكثير لرقم أفوغادو، وهي وحدة قياس أساسية في الكيمياء، سميت على اسم أفوغادو بعد موته بوقت طويل. إن عدد الجزيئات التي اكتشفت في 2.016 غرام من غاز الهيدروجين (أو كمية مساوية من أي غاز آخر) وضعت قيمته في 6.0221367 $\times 10^{23}$، وهذا رقم ضخم جداً. تسلّى طلاب الكيمياء لوقت طويل بحساب كم هو رقم كبير، وهكذا أستطيع أن أفيد أنه مساوٍ لعدد من حبات البوشار كافٍ لتغطية الولايات المتحدة كلها على عمق تسعة أميال، أو مساوٍ لأكواب الماء في المحيط الهادئ، أو علب مشروبات باردة، التي إذا خزنت بنحو مستوٍ، فستغطي الأرض على عمق 200 ميل. إن عدداً مساوياً من البنسات الأميركية سيكون كافياً لجعل كل شخص على الأرض بليونيراً. إنه عدد كبير.

كافية كي ينشر فيها. وهذا حقيقة فائقة للعادة. فقد دُفعت الثورة الصناعية بنحو كبير بتطورات في الكيمياء، وبالرغم من ذلك فإن الكيمياء كعلم منظّم نادراً ما وُجدت لعقود.

لم تتأسس الجمعية الكيميائية في لندن حتى 1841 ولم تبدأ بإنتاج مجلة منتظمة حتى 1848، وفي ذلك الوقت كان عمر معظم الجمعيات العلمية في بريطانية الجيولوجية والجغرافية والحيوانية والجنانيّة واللينييوسيّة(*) (الخاصة بعلماء الطبيعة والنبات) عشرين عاماً على الأقل وفي عدة حالات أكثر بكثير. ولم تتأسّس المدرسة المنافسة في الكيمياء حتى 1877، بعد عام من تأسيس الجمعية الكيميائية الأميركية. ولأن الكيمياء كانت بطيئة التنظيم، لم تنتشر الأنباء عن فتوحات أفوغادرو في 1811 حتى مؤتمر الكيمياء الأول في كارلسروهي Karlsruhe في 1860.

كانت التقاليد بطيئة الظهور؛ لأن الكيميائيين عملوا طويلاً في عزلة. وحتى النصف الثاني من القرن، كانت صيغة H_2O_2 يمكن أن تعني الماء لعالم كيمياء وقد تعني بيروكسيد الهيدروجين(**) لآخر. كان يمكن أن تشير C_2H_4 إلى الإثيلين أو غاز الميثان. بالكاد يوجد جزيء مُثّل بشكل منتظم في مكان آخر.

استخدم الكيميائيون أيضاً تنوّعاً محيّراً من الرموز والاختصارات، وغالباً ما كانت مبتكرة ذاتياً. فقد أدخل العالم السويدي ج.ج. برزليوس مقياساً مطلوباً جداً لترتيب المسائل قائلاً: إن العناصر تُختصر على أساس أسمائها اللاتينية واليونانية، لهذا اختصار الحديد هو FE من الكلمة اللاتينية ferrum واختصار الفضة هو AG (من الكلمة اللاتينية argentums). وبما أن كثيراً من الاختصارات

(*) منسوبة إلى عالم النبات السويدي كارولوس لينييوس أو إلى طريقته في تقسيم النباتات. المترجم.

(**) سائل ثقيل، عديم اللون والرائحة، يتألّف من ذرّتي هيدروجين وذرتي أوكسجين ويذوب بسرعة في الماء وفي الكحول أيضاً. المترجم.

الأخرى تنسجم مع أسمائها الإنكليزية (N للنتروجين و H للهيدورجين وإلى ما هنالك) فإنها تعكس طبيعة إنكليزية لاتينية، لا طبيعتها الرفيعة. وللإشارة إلى عدد الذرات في جزيء استخدم برزليوس ترميزاً مرقوماً في الأعلى H^2O. فيما بعد -ودون سبب خاص- صارت الموضة هي التعبير عن الرقم كترميز مرقوم في الأسفل: H_2O.

وبالرغم من محاولات التنظيم بين فينة وأخرى كانت الكيمياء في النصف الثاني من القرن التاسع عشر مشوشة، لهذا كان الجميع مسرورين من بروز بروفسور مجنون وغريب المنظر في 1869 في جامعة سينت بتسبرغ يُدعى ديميتري إفانوفيتش مندلييف.

وُلد مندلييف في 1834 في توبولسك، في الغرب الأقصى من سيبيريا، لأسرة ضخمة جداً ومتعلمة جيداً ومزدهرة. كانت الأسرة كبيرة، بحيث إنّ التاريخ لم يعرف عددها: تقول بعض المصادر: إنه كان هناك 14 ولداً، وبعضها الآخر يقول: 17. ويتفق الجميع أن ديمتري كان أصغرهم. لم يحالف الحظ هذه العائلة دوماً. فحين كان ديمتري صغيراً أصيب والده -الذي كان مدير مدرسة- بالعمى فاضطرت أمه للذهاب إلى العمل. كانت على ما يبدو امرأة فائقة للعادة، وصارت فيما بعد مديرة لمعمل زجاج ناجح. وسارت الأمور على ما يُرام حتى عام 1848، حين احترق المعمل وحلّ الفقر بالأسرة. -مصممة على تعليم ابنها الأصغر- قطعت السيدة مندلييف هي وابنها أربعة آلاف ميل إلى سان بطرسبرغ، وهذا يعادل السفر من لندن إلى غينيا الاستوائية ووضعته في مؤسسة علم أصول التدريس. ماتت بعد ذلك في الحال منهكة من جهودها.

أكمل مندلييف دراساته ومُنح في النهاية منصباً في الجامعة المحلية. صار عالم كيمياء كُفئاً ولكنه لم يكن متميزاً جداً وكان معروفاً من شعره ولحيته الفوضوية التي كان يحلقها مرة واحدة في العام، أكثر مما عُرف من مواهبه في المختبر.

على أي حال، في عام 1869 – وفي سن الخامسة والثلاثين – بدأ يتسلّى بطريقة لترتيب العناصر. في ذلك الوقت، كانت العناصر تُجمع عادة بطريقتين: إما بالوزن الذري (باستخدام مبدأ أفوغاردو) أو بالمواصفات الشائعة (سواء كانت معادن أو غازات، على سبيل المثال). وكان فتح مندلييف هو رؤية إن كان الاثنان يمكن جمعهما في جدول واحد.

وكما كان شائعاً في العلم، توقّع المبدأ قبل ثلاث سنوات عالم كيمياء هاوٍ في إنكلترة هو جون نيولاندز. فقد اقترح أنه حين تُرتّب العناصر بالوزن فإنها على ما يبدو تكرّر مواصفات معيّنة بمعنى ما، كي تتناغم في كل مكان ثمانيةً على الميزان. دعا نيولاندز المبدأ قانون الجواب وشبّه الترتيب بالنغمات الثماني على لوح البيانو بشكل غير حكيم جزئياً، ذلك أن هذه كانت فكرة لم يحن وقتها بعد تماماً. ربما كان هناك شيء ما في شرح نيولاندز، ولكن الفكرة عدَّت منافية للعقل وسُخر منها على نحو واسع. ففي الاجتماعات، كان أعضاء الجمهور الأكثر سخرية يطلبون منه إحضار عناصره؛ كي يعزف لهم لحناً قصيراً. تخلى نيولاندز عن الفكرة محبطاً، وغاب عن البصر أيضاً.

استخدم مندلييف مقاربة مختلفة قليلاً، واضعاً عناصره في مجموعات سباعية، ولكنه طبق جوهرياً الفرضية نفسها. فجأة بدت الفكرة متألقة وقابلة للإدراك بنحو رائع. ولأن المواصفات كررت نفسها دورياً، عُرف الابتكار باسم الجدول الدوري.

قيل: إن مندلييف أُلهم من لعبة ورق تُدعى السوليتير في أمريكة الشمالية والصبر في أمكنة أخرى، التي بمقتضاها ترتب الأوراق أفقياً بالنقش وعمودياً بالعدد. مستخدماً مفهوماً مشابهاً بنحو كبير، رتب العناصر في صفوف أفقية دُعيت الدورات وفي أعمدة عمودية دُعيت المجموعات. أظهر هذا فوراً مجموعة واحدة من العلاقات حين تقرأ إلى الأعلى والأسفل، ومجموعة أخرى حين تُقرأ من جانب إلى آخر. وبنحو محدد، إن الأعمدة العمودية تجمع سوية مواد كيماوية

لها مواصفات مشابهة. وهكذا يجلس النحاس على قمة الفضة وتجلس الفضة على قمــة الذهب بسبب قرابتها كونها معــادن، بينما الهليوم، والنيــون والأرجون ففي فئة الغــازات. (إن المحدد الفعلــي الرسمي في الترتيب هو شــيء يدعى تكافؤاتها الإلكترونية، وإذا أردت أن تفهمها فسيجب عليك أن تسجّل في الدروس المسائية). إن الصفوف الأفقية -في غضون ذلك- ترتب المواد الكيماوية في ترتيب تصاعدي وفق عدد البروتونات في نواتها، ما يُعرف باسم عددها الذري.

سأشــرح بنيــة الذرات وأهمية البروتونات في فصل لاحــق؛ أما الآن فكل ما هو ضــروري هو فهم المبدأ المنظّــم: الهيدروجين له بروتون واحد فقط، وهكذا فإن له العدد الذري 1 ويأتي أولاً على الجدول؛ اليورانيوم له 92 بروتوناً وهكذا فهو يقترب من النهاية وله الرقم الذري 92. بهذا المعنى -وكما أشار فيليب بويل- إن الكيمياء هــي في الحقيقة مسألة إحصــاء فقط. (إن الرقم الــذري -بالمصادفة- يجب ألا يُخلــط مع الوزن الذري، الذي هو عــدد البروتونات بالإضافة إلى عدد النيترونات في عنصر مفترض).

كان لا يــزال هنــاك كمية كبيرة غير معروفــة أو مفهومــة. إن الهيدروجين هو العنصــر الأكثر شيوعاً في الكون، ومع ذلك لم يخمّن أحد هذا إلا بعد ثلاثين عاماً آخــر. والهليوم -العنصر الثاني الأكثر غــزارة- اكتُشف قبل عام فقط ولم يُشتبه بوجــوده قبــل ذلك، ثم ليس على الأرض، وإنمــا في الشمس، حيث اكتُشف بمنظار التحليــل الطيفي في أثناء كسوف شمسي، ولهذا يكرّم إله الشمس اليوناني هليوس بهذا الاســم. ولم يُعزل حتى عام 1895. وحتى هكــذا، وبفضل اختراع مندلييف، حصلت الكيمياء الآن على موطئ قدم صلب.

إن الجــدول الدوري -بالنسبة لمعظمنا- شيء جميــل على المستوى التجريدي، ولكنــه بالنسبة للكيميائيين أسس ترتيبــاً ووضوحاً فوريين لا ينطويان على مبالغة. «إن الجــدول الــدوري للعناصر الكيميائية هــو -دون شك- الخريطــة التنظيمية الأكــثر رشاقة التي سبق واختُرعــت»، كما قال روبرت ي. كريبيــس في كتابه تاريخ

واستخدام العناصر الكيماوية لكوكبنا الأرضي، وبوسعكم العثور على عواطف مشابهة فعلياً في جميع الكتب التي أرّخت للكيمياء.

لدينا اليوم 120 عنصراً معروفاً، يتشكل 92 منها بنحو طبيعي وهناك دزينتان تبتكران في المخابر. إن العدد الفعلي مثير للجدل قليلاً؛ لأن العناصر الثقيلة المركّبة لا توجد إلا لجزء من المليون من الثانية، ويجادل الكيمائيون أحياناً فيما إذا تم فحصها أم لا. في زمن مندلييف لم يُعرف سوى 63 عنصراً، ولكن ذكاءه جعله يدرك أن العناصر المعروفة آنذاك لم تصنع صورة كاملة، وأن كثيراً من القطع كانت مفقودة. تنبأ جدوله، بدقة تبعث على السرور، أين ستأخذ العناصر مكانها حين تُكتشف.

لا أحد يعرف -بالمصادفة- إلى كم يمكن أن يرتفع عدد العناصر، بالرغم من أن أي شيء يتجاوز 168 كوزن ذري يُعد «مجرد تأملي»؛ ولكن ما هو مؤكد هو أن أي شيء يُكتشف فإنه سيتلاءم مع خطة مندلييف العظيمة.

تمخّض القرن التاسع عشر عن مفاجأة أخيرة مهمة لعلماء الكيمياء. بدأت في 1896 حين ترك هنري بيكويريل في باريس بإهمال مجموعة من أملاح اليورانيوم على لوح فوتوغرافي في مغلّف في درج. حين أخرج اللوح بعد مدة فوجئ أن الأملاح أحرقت طبعة في اللوح، وكأن اللوح كان معرّضاً للضوء. كانت الأملاح تُطلق أشعة من نوع ما. مفكّراً بأهمية ما اكتشفه قام بيكويريل بشيء غريب جداً: أرسل المادة إلى طالبةٍ متخرّجة؛ كي تتحقّق منها. ولحسن الحظ كانت الطالبة مهاجرة حديثة العهد من بولونيا تُدعى ماري كوري. فيما كانت تعمل مع زوجها بيير، اكتشفت كوري أن أنواعاً معيّنة من الصخور تصدر كميات متواصلة وفائقة للعادة من الطاقة، دون أن يتقلّص حجمها أو أن تتغير بأي طريقة قابلة للرصد. ما لم يستطع أن تعرفه هي وزوجها ما لم يستطع أن يعرفه أحد إلى أن شرح آينشتاين الأمور في العقد الآتي، هو أن الصخور كانت تحوّل الكتلة إلى طاقة بطريقة فاعلة بنحو مفرط. سمّت ماري كوري التأثير (الإشعاعية). وفي سيرورة عملهما، عثرت كوري

وزوجها أيضاً على عنصرين جديدين هما البولونيوم الذي سمته باسم بلدهما، والمذياعم. وفي عام 1903 حصلت كوري وزوجها على جائزة نوبل في الفيزياء مع بيكويريل. (فازت ماري كوري بجائزة ثانية، في الكيمياء، في 1911؛ وكانت الشخص الأول الذي فاز بالجائزة في كل من الكيمياء والفيزياء).

وفي جامعة مكجيل McGill في مونريال أصبح الشاب المولود في نيوزلندة إرنست رزرفورد مهتمّاً بالمواد الإشعاعية الجديدة. واكتشف مع زميل يُدعى فردريك سودي أن احتياطيات ضخمة من الطاقة، كانت مقيدة في تلك الكميات الصغيرة من المادة، وأن الانحلال الإشعاعي لهذه الاحتياطيات يمكن أن يفسّر دفء الأرض كلّه. اكتشفا أيضاً أن العناصر الإشعاعية انحلّت في عناصر أخرى، أنه في أحد الأيام لديك ذرة من اليورانيوم، (مثلاً) وفي اليوم الآتي لديك ذرة من الرصاص. كانت كيمياء صافية وبسيطة؛ ولم يسبق أن تصوّر أحد أن شيئاً كهذا يمكن أن يحدث بنحو طبيعي وتلقائي.

كان رزرفورد البراغماتي أول من رأى أنه يمكن أن يكون هناك تطبيق عمليّ قيّم في هذا. لاحظ أنه في أي عيّنة من المادة الإشعاعية، فإن الأمر دوماً يستغرق كمية الوقت نفسها لنصف العيّنة، كي يقضي على نصف الحياة المحتفى به(*)، وأن هذه النسبة الثابتة الموثوقة من الانحلال يمكن أن تُستخدم بوصفها نوعاً من أنواع الساعات. وعبر الحساب إلى الوراء كم من الإشعاع تمتلك مادة الآن

(*) لو سبق وتساءلت كيف تحدّد الذرّات أي 50% ستموت وأي 50% ستحيا حتى الجلسة اللاحقة، فإن الإجابة هي أن نصف الحياة هو في الحقيقة مجرد وسيلة إحصائية، نوع من الجدول الفعلي للأشياء العنصرية. تخيّل أن لديك عيّنة من المادة بنصف حياة 30 ثانية. ألا يعني هذا أن كل ذرة في العيّنة ستوجد بالضبط 30 ثانية أو 60 ثانية أو 90 ثانية أو لمدة محددة أكثر. ستحيا كل ذرة في الحقيقة لمدة عشوائية من الزمن لا علاقة لها بمضاعفات الرقم 30؛ يمكن أن تستمر لثانيتين من الآن، أو يمكن أن تتذبذب بعيداً لسنوات أو عقود أو قرون قادمة. لا أحد يعرف. ولكن ما نستطيع قوله هو: إنه من أجل العيّنة ككل فإن نسبة الاختفاء ستكون هكذا، بحيث إن نصف الذرات ستختفي في كل 30 ثانية. إنها نسبة عادية، بتعبير آخر، ويمكنك تطبيقها على أي عيّنة ضخمة. استنتج أحدهم مرة -على سبيل المثال- أن الدايمات الأميركية لها نصف حياة يبلغ 30 عاماً. المؤلف.

وكم تنحل بسرعة، تستطيع أن تستنتج عمرها. اختبر قطعة من البتشبلند(*) واكتشف أن عمرها 700 مليون سنة، أكثر بكثير من العمر، الذي كان معظم الناس مستعدين كي يمنحوه للأرض.

في ربيع 1904 سافر رزرفورد إلى لندن؛ كي يلقي محاضرة في المؤسسة الملكية، المؤسسة الجليلة التي أسّسها الكونت فون رمفورد قبل 105 سنوات، بالرغم من أن عصر اللمات المستعارة و(البودرة) بدا الآن كأنه يبعد مسافة دهر بالمقارنة مع فظاظة رفع الأكمام لدى الفكتوريين المتأخرين. كان رزرفورد هناك كي يتحدّث عن نظريته الجديدة في الانحلال الشعاعي، وبذكاء أحضر من أجل هذه الغاية قطعة البتشبلند. ذلك أن كلفن الكهل كان حاضراً، وإن لم يكن مستيقظاً طوال الوقت نوّه رزرفورد أن كلفن نفسه كان قد اقترح أن اكتشاف مصدر آخر للحرارة سيقضي على حساباته. لقد اكتشف رزرفورد ذلك المصدر. وبفضل الإشعاعية يمكن أن يكون عمر الأرض ومن الواضح أن عمرها كان أكثر من الرقم الذي وضعته حسابات كلفن الأخيرة؛ الذي هو 25 مليون سنة.

ابتسم كلفن من شرح رزرفورد المحترم، لكنه في الحقيقة لم يتأثّر. لم يقبل أبداً الأرقام المنقّحة وصدق حتى يوم وفاته أن عمله بما يتعلق بعمر الأرض هو إسهامه الأكثر ذكاء وأهمية في هذا العلم، وأعظم بكثير من عمله على الديناميكا الحرارية.

وكما هو الأمر مع معظم الثورات العلمية، لم يُرحّب باكتشافات رزرفورد العلمية عالمياً. فقد أصرّ جون جولي الدّبلني بقوّة حتى الثلاثينيات أن عمر الأرض ليس أكثر من 89 مليون سنة، ولم يوقفه عن ذلك سوى وفاته. وبدأ آخرون يتضايقون من أن رزرفورد منحهم الآن كثيراً من الوقت. ولكن حتى بالتأريخ المذياعمتريّ -كما صار اسم القياسات الانحلالية- ستمر عقود قبل أن ندخل في بليون عام أو ما يقارب ذلك من عمر الأرض الفعلي. كان العلم في المسار الصحيح، ولكنه كان لا يزال بعيداً.

(*) معدن داكن لمّاع يعد مصدراً مهماً من مصادر اليورانيوم والراديوم. المترجم.

تـوفيّ كلفن عـام 1907. وشهد ذلك العام أيضاً وفاة دمـتري مندلييف. وعلى غـرار كلفـن، كان عمله المثمر خلفه بعيداً، ولكن أعـوام انحداره كانت أقل جدية. وفيمـا كان يكتهل، صار مندلييف غريـب الأطوار ورفض أن يقرّ بوجود الإشعاع أو الإلكـترون أو أي شـيء آخر كان كثـيراً، وجديداً، وصعباً. أمضـى عقوده الأخيرة يندفع خارجاً من المختبرات وقاعات المحاضرات في أنحاء أوروبة كلها. وفي 1955، سمي العنصر العاشـر بالمندليفيوم على شرفه. وقال بول ستراثم: «بنحو ملائم، إنه عنصر غير مستقرّ».

تواصـل الإشعـاع -بالطبع دوماً- بشـكل حقيقي وبطـرق لم يتوقّعها أحد. وفي أوائـل التسعينيات بـدأ بيير كوري يعاني من إشارات مرضيـة واضحة ناجمة عن الإشعـاع، وعلـى ما يبدو آلام بليـدة في عظامه وشعور مزمـن بالإعياء، الذي دون شـك كان سيتقـدم بنحـو غير سـارّ. ولن نعرف أبـداً بنحو مؤكـد؛ لأنه في 1906 دهسته عربة وقتلته، فيما كان يعبر شارعاً في باريس.

أمضـت مـاري كـوري ما تبقى مـن حياتها وهي تعمـل بتميّز في هـذا الميدان، وساعـدت في تأسيـس مؤسسة المذياعم في جامعة باريـس في 1914. وبالرغم من حصولهـا على جائزتـي نوبل، لم تُنتخب أبدا عضـواً في أكاديمية العلوم؛ والسبب في ذلـك هو أنه بعد وفاة بيير أقامت علاقة -مـع عالم فيزياء متزوّج- كانت غير محتشمة بما يكفي كي تفضح حتى الفرنسيين، أو على الأقل العجائز الذين أداروا الأكاديمية، التي ربما هي مسألة أخرى.

افتُرض لوقت طويل أن أي شيء يتمتّع بالطاقة بنحو إعجازي كالإشعاعية يجب أن يكون مفيـداً. ولسنوات، كان صانعو معجون الأسنـان ومليّنات الأمعاء يضعون الثوريوم الإشعاعي في منتجاتهم، وعلى الأقل حتى أواخر العشرينيات عرض جلن سبرينغ أوتل في فنجر ليكس في نيويورك بفخر النتائج العلاجية (لينابيعه المعدنية الإشعاعيـة). ولم تُمنـع في المـواد الاستهلاكية حتى 1938. وفي ذلـك الوقت كان هـذا متأخراً جداً لماري كوري، التي ماتت من اللوكيميا، في 1934. إن الإشعاع هو

في الحقيقة ماكر ويستمر طويلاً، بحيث إنّ أوراقها من ثمانينيات القرن التاسع عشر، وحتى كتب الطبخ لديها خطرة جداً حتى الآن. فقد حُفظت كتب مختبرها في صناديق مخططة بالرصاص، والذين يرغبون برؤيتها يجب أن يلبسوا ثياباً واقية.

وبفضل العمل المخلص والمجازف جداً بنحو غير متعمّد لعلماء الذرة الأوائل، صار من الواضح في الأعوام الأولى للقرن العشرين، أن الأرض مقدّسة بنحو غير قابل للتشكيك، بالرغم من أن نصف قرن آخر من العلم يجب أن يُنجز قبل أن يستطيع أي شخص أن يقول بثقة كم هي مقدّسة. كان العلم -في غضون ذلك- على وشك الحصول على عصر خاص به، هو العصر الذري.



الباب الثالث

فجر عصر جديد

إن عالم الفيزياء هو طريقة الذرات بالتفكير بالذرات.

مجهول

الفصل الثامن

كون آينشتاين

فيما كان القرن التاسع عشر يقترب من نهايته، استطاع العلماء أن يحلّوا معظم ألغاز العالم المادي: الكهرباء، والمغناطيس، والغازات، والبصريات، والصوتيّات، وعلم الحركة والميكانيكا الإحصائية، هذا إذا لم نسمِّ إلا قلة، تم اكتشافها من قبل. اكتشفوا أشعة إكس، والشعاع المهبطيّ، والإلكترون والإشعاعية، واخترعوا الأوم والواط، والكلفن والجول والمكبّر والأرغ الصغير.

وإذا كان هناك من شيء يمكن أن يتذبذب أو يُسرّع أو يُشوّش أو يُقطّر أو يمزج أو يوزن أو يجعل غازياً فقد قاموا بذلك، و أنتجوا في أثناء ذلك مجموعة من القوانين الكونية الكبيرة والمهيبة، بحيث ما نزال نميل إلى كتابتها بالأحرف الكبيرة: نظرية الحقل الكهرومغناطيسي، وقانون ريختر للنسب المتبادلة، وقانون تشارلز للغازات، وقانون مزج الأحجام، وقانون زيروث، ومفهوم فالنس، وقانون أفعال الكتلة، وأخرى لا تُحصى. لقد تغيّر العالم برمّته وسَمُن بالآلات والأدوات التي أنتجتها براعتهم. واعتقد الكثير من الحكماء أنه لم يبقَ الكثير أمام العلم كي يفعله.

وفي 1875 فيما كان شاب ألماني في كيل اسمه (ماكس بلانك) يقرر إن كان سيكرّس حياته للرياضيات أو للفيزياء. تم حثه بشكل صادق ألا يختار الفيزياء؛ لأن جميع الفتوحات قد تمت في هذا الميدان. وقد تم التأكيد له أن القرن القادم سيكون قرن تقوية وصقل وليس قرن ثورة. لم يصغِ بلانك. درس الفيزياء النظرية وكرس نفسه جسداً وروحاً للعمل في الأنتروبيا (القصور الحراري)، وهي عملية في قلب الديناميكا الحرارية، التي بدت كأنها تحمل كثيراً من الوعد لشاب طموح(*) . وفي

(*) وبنحو محدد إنها مقياس للعشوائية أو الفوضى في نظام. فدارل إبنج في مقرره المدرسي الكيمياء العامة، يقترح بشكل مفيد جداً التفكير بمجموعة ورق لعب. علبة جديدة من الورق، مرتبة بحسب النقش من الآس إلى الملك. يمكن أن يقال: إنها في حالتها المرتبة. اخلط الورق وضعه دون ترتيب. إن الأنتروبيا هي طريقة لقياس فوضوية تلك الحالة ولتحديد احتمال النتائج المعيّنة مع خلط آخر للورق. كي تفهم الأنتروبيا جيداً من الضروري أيضاً فهم مفاهيم مثل اللا انتظامات الحرارية، ومسافات الشبيكيّة وعلاقات رياضية كيميائية، ولكن هذه هي الفكرة العامة.

عام 1891 أعطى أُكله ولكن أمله خاب حين سمع أن العمل المهم في الأنتروبيا كان في الواقع قد أنجزه سابقاً باحث متقاعد في جامعة ييل يدعى ج. ويلارد جيبز.

ربما كان جيبز أذكى شخص سبق وسمع به البشر. كان خجولاً إلى درجة أنه يقترب من اللامرئية، فقد أمضى معظم حياته -عدا ثلاث سنوات أمضاها في الدراسة في أوروبة- في منطقة مساحتها ثلاثة فراسخ يحدها منزله وحرم ييل في نيو هيفن، كونيكتيكت. وفي سنواته العشر في ييل لم يزعج نفسه حتى بالحصول على راتب. (كانت له وسائله الخاصة). ومن عام 1871، حين انضم إلى الجامعة بوصفه بروفسوراً إلى وفاته في 1903، لم يحضر دروسه أكثر من تلميذ في الفصل الدراسي. كان عمله المكتوب صعب التتبّع وقد استخدم شكلاً خاصاً في الترميز وجده كثيرون غير قابل للفهم. ولكن بين صيغه المبهمة دفنت استبصارات من أرفع أنواع الذكاء.

وبين 1875 و1878 أنتج جيبز سلسلة من الأبحاث، وُضع لها عنوان جمعي هو في توازن المواد غريبة المنشأ، التي أوضحتْ بنحو مذهل المبادئ الديناميكية الحرارية لكل شيء تقريباً: «الغازات والخلائط والسطوح والمواد الصلبة وتغيرات الطور... ردود الفعل الكيميائية والخلايا الإلكتروكيميائية، والترسّب والتناضح»، هذا إذا اقتبسنا رأي (وليم هـ. كوبر). إن ما فعله جيبز جوهرياً، هو أنه بيّن أن الديناميكا الحرارية لا تنطبق ببساطة على الحرارة والطاقة من نوع الوزن الضخم والصاخب للآلة البخارية، ولكنه كان أيضاً حاضراً ومؤثراً على المستوى الذري لردود الفعل الكيماوية. دعي كتاب جيبز «مبادئ الديناميكا الحرارية»، ولكن لأسباب مجهولة اختار جيبز أن ينشر هذه الملاحظات المهمة في محاضر أكاديمية كنيكتيكت للفنون والعلم، وهي مجلة ظلت غير معروفة في كنيكتيكت، ولهذا لم يسمع بها بلانك حتى وقت متأخر جداً.

بشجاعة حسناً، ربما بشجاعة قليلة استدار بلانك إلى أمور أخرى(*) . سوف نسلط الضوء على هذه الأمور بأنفسنا بعد لحظة، ولكن يجب أولاً أن نلتفت قليلاً إلى كلفلاند، بأوهايو، وإلى مؤسسة كانت تُعرف آنذاك باسم كلية كيس للعلوم التطبيقية. هناك، في ثمانينيات القرن التاسع عشر، كان عالم فيزياء متوسط العمر اسمه ألبرت متشلسون، يساعده صديقه عالم الكيمياء إدوارد مورلي، وقد قام بسلسلة من التجارب التي سيكون لها تشعبات عظيمة في كثير مما سيتبع.

ما فعله متشلسون ومورلي -دون أن يقصدا ذلك فعلاً- هو تقويض إيمان استمر طويلاً بشيء ما دعي (الأثير الساطع)، وهو أداة مستقرة لامرئية لا وزن لها ولا تُجزأ. وهي لسوء الحظ خيالية بنحو كامل واعتقد أنها تتخلل الكون. هذا الأثير الذي تصوره ديكارت وآمن به نيوتن وبجّله الجميع منذ ذلك الوقت، احتل موقعاً مركزياً في فيزياء القرن التاسع عشر كطريقة لشرح كيفية سفر الضوء عبر فراغ الفضاء. كانت هناك حاجة خاصة له في العقد الأول من القرن التاسع عشر؛ لأن الضوء والكهرومغناطيسية كان يُنظر إليها آنذاك على أنها موجات، أي أنماط من التذبذب. يجب أن تحصل التذبذبات في شيء ما؛ ومن هنا الحاجة إلى الأثير والإخلاص المستمر له. وفي نهاية 1909، كان عالم الفيزياء البريطاني العظيم ج.ج. طومسون يلحّ: «إن الأثير ليس خلقاً فنتازياً للفيلسوف المتأمل، إنه جوهري لنا كالهواء الذي نتنفّسه» هذا بعد أكثر من أربعة أعوام من البرهنة بنحو لا يقبل الجدل أنه لا يوجد. كان الناس -باختصار- مرتبطين جداً بالأثير.

(*) كان بلانك غير محظوظ في حياته في غالب الأحيان. فقد توفيت زوجته الأولى التي أحبها باكراً في 1909، وقتل ولده الأصغر بين ولديه في الحرب العالمية الأولى. كان لديه ابنتان توءم أحبهما كثيراً. توفيت واحدة منهما في أثناء الولادة. وما تبقى على قيد الحياة من التوءم اعتنت بالطفل ووقعت في حب زوج أختها. تزوجا وبعد عامين توفيت في أثناء الولادة. وفي 1944 حين كان بلانك في الخامسة والثمانين، سقطت قنبلة للحلفاء على منزله وفقد كل شيء: أوراقه ويومياته، وما راكمه طول حياته. في العام اللاحق قُبض على ابنه الوحيد مشتركاً في مؤامرة لاغتيال هتلر وأُعدِم.

إذا كنت بحاجة لإيضاح فكرة أن أمريكة كانت في القرن التاسع عشر أرضاً للفرص، فإنك لن تستطيع الاستفادة من حياة ألبرت متشلسون الذي وُلد في 1852 على الحدود الألمانية البولونية لأسرة من التجار اليهود الفقراء، وهاجر إلى الولايات المتحدة مع أسرته وهو رضيع وترعرع في مخيم تعدين في ريف كاليفورنيا، الذي كان يعج بطالبي الثروة حيث أدار والده عملاً تجارياً بسيطاً. كان فقيراً جداً بحيث لم يستطع دفع قسط التسجيل في الكلية، فسافر إلى واشنطن العاصمة وبدأ يتسكع أمام باب البيت الأبيض لعلّه يصادف (أو ربما يحصل على) منحة يوليسيس س. جرانت حين يخرج الرئيس من أجل نزهته الصحية. (كان العصر أكثر براءة كما يبدو). وفي مجرى نزهاته، فاز متشلسون بالحظوة لدى الرئيس، بحيث إنّ جرانت وافق على أن يؤمن له مكاناً مجانياً في الأكاديمية البحرية الأميركية. وهناك تعلم متشلسون الفيزياء.

بعد عشر سنوات، وقد أصبح الآن أستاذاً في كلية كيس في كلفلاند، صار متشلسون مهتماً في محاولة قياس شيء يُدعى انسياق الأثير، وهو نوع من الريح الرأسية تنتجها الأشياء المتحركة، هي تتقدم بجهد عبر الفضاء. إن أحد تنبؤات الفيزياء النيوتونية هي أن سرعة الضوء، وهي تندفع عبر الأثير يجب أن تتنوع بالنسبة للمراقب بحسب إن كان المراقب يتحرك نحو مصدر الضوء أو بعيداً عنه. ولكن لم يعرف أحد طريقة لقياس ذلك. وخطر لمتشلسون أن الأرض تندفع نحو الشمس لنصف السنة وتبتعد عنها في النصف الآخر، واستنتج أنه إذا قام المرء بقياسات دقيقة في فصول متناقضة، وقارن سفر الضوء بين الاثنتين، فإنه سيحصل على الإجابة.

تحدث متشلسون مع ألكسندر جراهام بيل -مخترع الهاتف الذي صار ثرياً من جديد- كي يقدم الأموال لبناء أداة بارعة وحساسة من اختراع متشلسون تُدعى مقياس التداخل، التي يمكن أن تقيس سرعة الضوء بدقة هائلة. ثم، وبمساعدة من مورلي الكريم ولكن الغامض، أمضى متشلسون أعواماً وهو يقوم بالقياسات الموسوسة. كان العمل حسّاساً ومرهقاً، فاضطر إلى تعليقه لبعض الوقت بسبب انهيار عصبي قصير ولكنه شامل، ولكن في عام 1887 أعطت القياسات أكلها. ولم يكن مطلقاً ما توقعه العالمان.

وكما قال عالم الفيزياء الفلكية في كالتيك Caltech (كيب س. ثورن): «تبيّن أن سرعة الضوء هي نفسها في الاتجاهات والفصول جميعها». كان هذا هو التلميح الأول طوال 200 عام بأن قوانين نيوتن يمكن ألا تنطبق طول الوقت في كل مكان. وصارت نتيجة متشلسون مورلي، كما عبّر وليم هـ. كوبر، «النتيجة السلبية الأكثر شهرة في تاريخ الفيزياء على الأرجح». مُنح متشلسون جائزة نوبل في الفيزياء من أجل هذا الإنجاز، كان أول أميركي حصل عليها ولكن ليس لمدة عشرين سنة. في غضون ذلك، ستحوم تجارب متشلسون مورلي بشكل غير مريح، كرائحة عفونة، في خلفية الفكر العلمي.

وبالرغم من اكتشافاته، حين اقترب القرن العشرون، عدّ متشلسون نفسه بين أولئك الذين اعتقدوا أن عمل العلم يقترب من نهايته، «وليس هناك إلا بضعة أبراج وقمم يجب أن تُضاف، وبضع حواشٍ زخرفية يجب أن تحفر»، كما عبّر كاتب في مجلة نيتشر.

كان العالم على وشك دخول قرن من العلم لن يفهم فيه كثير من الناس أي شيء ولن تفهم قلة كل شيء. وحالاً سيجد العلماء أنفسهم في مملكة محيّرة من الجزيئات والجزيئات المضادة، حيث تقفز الأشياء إلى الوجود وتقفز إلى خارجه في مراحل زمنية تجعل النانوثواني (جزء من بليون من الثانية) تبدو متثاقلة وغير مستوية، حيث كل شيء يبدو غريباً. كان العلم ينتقل من عالم فيزياء الأشياء الكبيرة؛ حيث يمكن أن تُرى الأشياء وتُمسك وتُقاس، إلى عالم الفيزياء البالغة الصغر؛ حيث تحصل الأحداث بسرعة غير قابلة للإدراك على موازين من الكبر تفوق حدود التصور بشكل كبير. نحن على وشك دخول عصر الكم، وكان الشخص الأول الذي دفع الباب هو السيئ الحظ حتى الآن ماكس بلانك.

في عام 1900، كان بلانك آنذاك عالم فيزياء نظرية في جامعة برلين، وفي عمر متقدم نوعاً ما في الثانية والأربعين كشف بلانك عن نظرية جديدة هي (نظرية الكم)، التي أثبتت أن الطاقة ليست شيئاً متواصلاً كالماء المتدفق، وإنما تأتي في مجموعات فردية دعاها (الكمّات). كان هذا مفهوماً جديداً، وجيداً.

وسيساعد على المدى القصير في تقديم حل للغز تجارب متشلسون مورلي؛ لأنه أوضح أن الضوء لا يحتاج إلى أن يكون موجة في النهاية. وعلى المدى الطويل، ستضع النظرية الأساس لكل الفيزياء الحديثة. كانت -في كل حال- المفتاح الأول بأن العالم كان على وشك التغيّر.

ولكن الحدث المَعْلم الذي شكّل فجر عصر جديد جاء في 1905 حين ظهرت في مجلة الفيزياء الألمانية أنالين دير فيزيك Annalen der Physik سلسلة من الأبحاث ألفها بيروقراطي سويسري شاب لم تكن له صلة بالجامعة، أو مدخل إلى المختبر أو الاستخدام المنتظم لأي مكتبة سوى مكتبة مكتب الاختراعات القومي في برن، حيث تم توظيفه بوصفه فاحصاً تقنيّاً من الدرجة الثالثة. (وقد رفضت أخيراً ترقيته إلى فاحص تقني من الدرجة الثانية).

كان اسمه ألبرت آينشتاين، وفي ذلك العام الزاخر بالأحداث قدم إلى مجلة الفيزياء الألمانية خمسة أبحاث، كان بينها ثلاثة، بحسب سي. بي. سنو، (هي الأعظم في تاريخ الفيزياء). يشرح الأول التأثير الكهرضوئيّ بواسطة نظرية الكم الجديدة التي ابتكرها بلانك، ويشرح الثاني سلوك الجزيئات الصغيرة في التعلّق (ما يعرف باسم الحركة البراونية)، ويلخّص الثالث نظرية النسبية الخاصة.

جعل الأول مؤلفه يحصل على جائزة نوبل وهو يشرح طبيعة الضوء (وساعد أيضاً في جعل اختراع التلفاز ممكناً، بين أمور أخرى)(*). وقدم الثاني دليلاً على أن الذرات توجد بالفعل وهذه حقيقة، كان هناك تنازع حولها، بنحو مفاجئ. لقد غيَّر البحث الثالث العالم.

(*) لقد كُرّم آينشتاين، نوعاً ما بنحو غامض، من (أجل خدمات للفيزياء النظرية). كان عليه أن ينتظر ست عشرة سنة، حتى عام 1921، كي يحصل على الجائزة. وهذا وقت طويل جداً، كل شيء فكر به، ولكن لا شيء على الإطلاق، بالمقارنة مع فردريك راينز. الذي اكتشف النيوترينو في 1957 ولكنه لم يحصل على جائزة نوبل حتى 1995، بعد ثمانٍ وثلاثين سنة، أو الألماني إرنست روسكا، الذي اخترع ميكروسكوب الإلكترون في 1932 وحصل على نوبل في 1986، بعد أكثر من نصف قرن. وبما أن جوائز نوبل لا تُمنح أبداً بعد الوفاة، فإن طول العمر يمكن أن يكون عاملاً مهماً كالإبداع في الحصول على واحدة.

ولد آينشتاين في أولم، جنوب ألمانية، عام 1879، ولكنه ترعرع في ميونخ. لم تكن بداية حياته توحي كثيراً بالعظمة التي حققها. كان من المعروف أنه لم يتعلم الكلام إلى أن بلغ الثالثة من العمر. وفي تسعينيات القرن التاسع عشر، وبعد أن فشل عمل والده في الكهرباء، انتقلت الأسرة إلى ميلان، ولكن ألبرت -الذي كان آنذاك مراهقاً- ذهب إلى سويسرا؛ كي يواصل دراسته، بالرغم من أنه فشل في امتحانات دخول الكلية في المحاولة الأولى. وفي 1896 تخلى عن جنسيته الألمانية؛ كي يتجنب التجنيد الإلزامي ودخل معهد البولي تكنيك في زيوريخ في برنامج مدته أربع سنوات مصمم لتخريج مدرسي ثانوية للمواد العلمية. كان متألقاً لكنه لم يكن متفوّقاً بوصفه طالباً.

تخرج عام 1900 وبعد بضعة أشهر بدأ يسهم بمقالات في مجلة الفيزياء الألمانية. ظهر بحثه الأول، عن فيزياء السوائل في العدد نفسه الذي نشرت فيه نظرية الكم لبلانك. ومن 1902 إلى 1904 أنتج سلسلة من الأبحاث عن الميكانيكا الإحصائية، فقط كي يكتشف أن المنتج الصامت جي. ولارد جيبز في كونيكتيكت فعل هذا العمل أيضاً في كتابه المبادئ الأولية للميكانيكا الإحصائية في 1901.

وقع ألبرت في غرام طالبة زميلة له، وهي هنغارية اسمها ميلفا ماريك. وفي 1901 أنجبا طفلة خارج الزواج، وُضعت في التبني بنحو مخزٍ. لم يرَ آينشتاين ابنته أبداً. بعد عامين، تزوج من ماريك. وبين هذه الأحداث، في 1902، حصل آينشتاين على عمل في مكتب الاختراعات السويسري، حيث بقي لمدة سبعة أعوام. استمتع بالعمل: كان متحدياً بما يكفي لتشغيل ذهنه، ولكن ليس إلى درجة حرف انتباهه عن الفيزياء. كانت هذه هي الخلفية التي أنتج فيها نظرية النسبية في 1905.

إن بحث (في الديناميكا الحرارية للأجرام المتحركة) هو أهم الأبحاث العلمية التي سبق ونُشرت، وذلك بسبب كيفية تقديمه ولما قاله. ليس فيه هوامش أو اقتباسات، لا يحتوي على رياضيات تقريباً، ولا يذكر أي عمل أثر به أو سبقه، ولم يقر إلا بمساعدة شخص واحد، وهو زميل في مكتب تسجيل الاختراعات يدعى

ميشيل بيسو. كتب سي. بي. سنو، قائلاً: «وكأن آينشتاين «وصل إلى استنتاجات بالفكر المحض، دون مساعدة، ودون إصغاء إلى آراء الآخرين». وإلى حد مفاجئ، هذا ما فعله بالضبط».

إن معادلته الشهيرة $E = mc^2$ لم تظهر في البحث، ولكنها جاءت في ملحق موجز تبعها بعد بضعة أشهر. وكما ستذكرون من أيام المدرسة، إن E في المعادلة اختصار لكلمة طاقة، أما m فهي اختصار لكلمة كتلة و c^2 فهي مربع سرعة الضوء.

بتعبير مبسّط، ما تقوله المعادلة هو أن الكتلة والطاقة متكافئتان. إنهما شكلان للشيء نفسه: الطاقة هي مادة محررة؛ المادة هي طاقة تنتظر الحدوث. بما أن c^2 (سرعة أوقات الضوء نفسها) هي في الحقيقة عدد ضخم جداً كمية ضخمة بالفعل من الطاقة المقيدة في كل ما هو مادي(*) .

يمكن ألا تشعر أنك قوي بنحو مميز، ولكن إن كنت راشداً في الحجم العادي فستحتوي داخل إطارك المتواضع على ما لا يقل عن $7x10^{18}$ جول من الطاقة الكامنة، وهي كافية للانفجار بقوة ثلاثين قنبلة هيدروجينية كبيرة جداً، مفترضين أنك تعرف كيف تحرّرها وفعلاً ترغب بأن تقوم بذلك. إن كل شيء يمتلك هذا النوع من الطاقة الحبيسة في داخله. ولكننا لسنا جيدين في إخراجها. حتى قنبلة من اليورانيوم الأكثر طاقة في إنتاجنا حتى الآن تطلق أقل من 1% من الطاقة، التي يمكن أن تطلقها فقط لو كنا أكثر حنكة.

شرحت نظرية آينشتاين -بالإضافة إلى أمور أخرى كثيرة- كيفية عمل الإشعاع: كيف تستطيع كتلة من اليورانيوم أن تطلق جداول مستمرة من الطاقة العالية المستوى دون أن تذوب كقطعة ثلج. (يمكنها فعل ذلك عبر تحويل المادة

(*) كيف صارت c رمز سرعة الضوء لا يزال لغزاً، ولكن ديفد بودانيس يقترح أنها ربما جاءت من الكلمة اللاتينية celeritas وتعني السرعة. إن قاموس أكسفورد الذي نُشر قبل عقد من نظرية آينشتاين يعترف بـ c على أنها رمز لأشياء كثيرة، من الكربون إلى الجدجد، ولكنه لا يذكرها على أنها رمز للضوء أو السرعة.

إلى طاقة بشكل كبير بما يكفي من خلال ($E = mc^2$). شرحت النظرية كيف يمكن أن تحترق النجوم لبلايين الأعوام دون أن ينتهي وقودها. (كذا). بشخطة قلم، وفي صيغة بسيطة، منح آينشتاين علماء الجيولوجيا وعلماء الفلك ترف بلايين الأعوام. وقبل كل شيء، أظهرت نظرية النسبية الخاصة أن سرعة الضوء مستمرة ومتفوقة. لا شيء يستطيع أن يسبقها. لقد أدخلت نظريته الضوء (ما من تورية مقصودة هنا) إلى قلب فهمنا لطبيعة الكون. حلت كذلك مشكلة الأثير الساطع عبر إيضاح أنه لم يوجد. لقد منحنا آينشتاين كوناً لا يحتاج إلى هذا الأثير.

إن الفيزيائيين كقاعدة ليسوا مفرطي الانتباه إلى إعلانات موظفي مكتب تسجيل الاختراعات السويسري وهكذا، بالرغم من وفرة الأنباء المفيدة التي قدمتها أبحاث آينشتاين فإنها لم تجذب سوى انتباه قليل. فبعد أن حلّت عدداً من أعقد الألغاز في الكون، قدم آينشتاين من أجل الحصول على عمل محاضرٍ في الجامعة ولكن طلبه رُفض، ثم قدم من أجل منصب مدرس في ثانوية لكن طلبه رُفض أيضاً. وهكذا عاد إلى عمله كتقني من الدرجة الثالثة، ولكنه واصل التفكير بالطبع. ذلك أنه لم ينتهِ بعد.

حين سأل الشاعر بول فاليري مرة آينشتاين إن كان يحتفظ بدفتر لتسجيل أفكاره، نظر إليه آينشتاين بدهشة خفيفة ولكنها أصيلة. وأجاب: «آه، هذا غير ضروري. نادراً ما أحمل دفتراً». ولكنه حين حصل على واحد كان جيداً. كانت فكرة آينشتاين اللاحقة هي أعظم فكرة سبق أن خطرت لأحد، والواقع أنها كانت الأعظم، بحسب بورس وموتز وويفر في كتابهما الجيد الذي يؤرخ للعلم الذري. قالا: «كما أنها من إبداع ذهن واحد، فهي دون شك أعلى إنجاز فكري في تاريخ البشرية»، وهذا أفضل إطراء يمكن الحصول عليه.

وفي 1907، أو ما يقارب ذلك، قيل أحياناً: إن ألبرت آينشتاين رأى عاملاً يسقط عن السطح وبدأ يفكر بالجاذبية. للأسف، وعلى غرار كثير من القصص الجيدة تبدو هذه وكأنها مشكوك في صحتها. فبحسب آينشتاين نفسه، كان يجلس على كرسي حين خطرت له مشكلة الجاذبية.

والواقـع أن مـا خطر في ذهن آينشتايـن هو شيء أقرب إلـى بداية حل لمشكلة الجاذبية، بما أنه كان واضحاً له من البداية أن الشيء الوحيد الناقص في نظرية النسبيـة هو الجاذبيـة. ما كان «خاصاً» حيـال النظرية هو أنهـا تعاملت مع أمور تتحـرك دون عقبـات. ولكن ما الـذي يحدث حين يصادف شـيء متحرك ألا وهو الضـوء عائقاً كالجاذبية؟ كانت هذه مسألة شغلت أفكاره في معظم العقد اللاحق وقادت في بداية 1917 إلى نشر بحث بعنوان «اعتبارات كونية حول نظرية النسبية الخاصـة». كانت نظرية النسبية الخاصة لعام 1905 عملاً مهماً وعميقاً، بالطبع؛ ولكـن، كما قال سي. بي. سنو مرة، لو أن آينشتاين لم يفكّر بها لكان قد فعل ذلك شخصـ آخر، على الأرجح في غضون خمس سنـوات؛ فقد كانت هذه فكرة تنتظر الحدوث. ولكن نظرية النسبية العامة كانت شيئاً آخر تماماً. وقال سنو في 1979: «من دونها، لكان من المحتمل أننا ما نزال ننتظر النظرية اليوم».

بغليونـه، وطريقتـه اللطيفة الحيية وشعـره المكهـرب، كان آينشتاين شخصاً رائعـاً، بحيـث لم يبقَ غامضـاً بشكل مستمـر. وفي 1919 - حـين وضعت الحرب أوزارها - اكتشفه العالم فجأة. وتقريباً في الحال حصلت نظريتاه في النسبية على شهـرة بأنه من المستحيل علـى الشخص العادي أن يفهمهمـا. لم تتوضح المسائل - كمـا يشـير ديفـد بودانيس في كتابه الممتـاز $E = mc^2$ - حين قـررت النيويورك تايمـز أن تنشر قصة، ولأسباب أثارت الدهشة أرسلت مراسل الصحيفة لرياضة الجولف، هنري كراوتش، للقيام بالمقابلة.

لم يكـن كراوتش عميقاً، وأخطأ في كل شـيء تقريباً. وكان من الأخطاء الأكثر فداحة في تقريره الجزم، بأن آينشتاين عثر على ناشر جريء بما يكفي؛ كي ينشر كتاباً لا يستطيع إلا اثنا عشر شخصاً «في العالم فحسب أن يفهموه». لم يكن هناك كتـاب كهـذا، أو ناشر كهذا، ولا دائـرة من الرجال المتعلمين كهـذه، ولكن الفكرة انتشـرت بأي حـال. وحالاً اختُزل عدد الأشخاص الذيـن يستطيعون فهم النسبية إلـى أكثر من ذلـك في المخيلة الشعبية. ويجب أن يُقال: إن المؤسسة العلمية، فعلت القليل؛ كي تزعج هذه الأسطورة.

حين سأل صحفي عالم الفلك البريطاني السير آرثر إدنغتون: إن كان صحيحاً أنـه كان أحد الأشخاص الثلاثة في العالم، الذيـن يستطيعون فهم نظرية النسبية لآينشتاين، فكّر إدنغتون لحظة بعمق وأجاب: «أنا أحاول أن أفكر من هو الشخص الثالث». في الحقيقة، إن المشكلة مع النسبية لم تكن أنها شملت كثيراً من المعادلات التفاضلية، وتحولات لورينتز ورياضيات أخرى معقدة بالرغم من أنها فعلت ذلك، حتـى آينشتاين، كان يحتاج إلـى المساعدة في بعض منها، بل إنها كانت تماماً غير حدسية بنحو كامل.

ما تقوله النسبية في الجوهر هو أن الزمان والمكان غير مطلقين، وإنما نسبيان لكل من الراصد والشيء الذي يُرصد، وكلّما تحرك المرء بنحو أسرع كلما أصبحت هـذه التأثيرات أكثر وضوحاً. لا نستطيع أبـداً أن نسرّع أنفسنا إلى سرعة الضوء، وكلما حاولنا بجد أكبر (كلما تحركنا بسرعة أكبر) كلما صرنا أكثر تشوّهاً، نسبياً لراصد خارجي.

حـاول الذين يجعلون العلم جماهيريـاً أن يستنبطوا في الحال طرقاً لجعل هذه المفهومات متاحة لفهم الجمهور الأوسع. كانت إحدى أكثر المحاولات نجاحاً تجارياً علـى الأقل هـي كتاب ألف باء النسبيـة، الذي ألّفه الرياضـي والفيلسوف برتراند رسـل. وفي هذا الكتاب وظف رسل صورة استُخدمت مرات كثيرة منذ ذلك الوقت. طلب من القارئ أن يتصور قطاراً طوله 100 ياردة يتحرك بنسبة 60% من سرعة الضوء. بالنسبـة لشخص يقف على منصة ويراقبه وهو يمرّ، سيظهر القطار على أنه بطول 80 ياردة فقط وكل شيء فيه سيبدو مضغوطاً بنحو مشابه. إذا استطعنا سمـاع المسافريـن في القطـار يتحدثـون، فستبـدو أصواتهم مجمجمـة وضعيفة، كشريـط مشغّل بسرعة بطيئة جـداً، وستبدو حركاتهم بنحـو مشابه غير رشيقة. حتى الساعات في القطار ستبدو كأنها تمر في أربعة أخماس سرعتها الطبيعية.

علـى أي حال وهنـا الأمر لن يمتلك ركاب القطار إحساسـاً بهذه التشويشات. بالنسبـة لهـم، كل شـيء في القطار سيبـدو طبيعياً تمامـاً. أما نحـن الذين على

المنصة فهم الذين سيبدون مضغوطين بنحو غريب وبطيئين. وكل هذا يتعلق -كما ترون- بموقعكم بالنسبة إلى الشيء المتحرك.

يحدث هذا التأثير فعلياً في كل مرة تتحركون فيها. طيروا عبر الولايات المتحدة وستنزلون من الطائرة أصغر بجزء من واحد كوينزليون من الثانية من أولئك المتروكين في الخلف. حتى حين تسيرون عبر الغرفة ستبدلون بنحو ضئيل جداً تجربتكم الخاصة في الزمان والمكان. فقد حُسب أن كرة قاعدة ترمى بسرعة 160 كيلومتراً في الساعة سوف تلتقط 0.000000000002 غرام من الكتلة في طريقها إلى الهدف. وهكذا فإن تأثيرات النسبية حقيقية وتم قياسها. والمشكلة هي أن تغييرات كهذه صغيرة جداً، بحيث لا تبدو مهمة لنا، لكنها مسائل مهمة بالنسبة لأمور أخرى في الكون.

وهكذا إذا بدت أفكار النسبية غريبة، فإن هذا يعود فقط إلى أننا لا نجرّب هذه الأنواع من التفاعلات في الحياة العادية. على أي حال، لنعد إلى بودانيس مرة ثانية. نقابل جميعنا أنواعاً أخرى من النسبية -على سبيل المثال- بخصوص الصوت. إذا كنت في حديقة وكان هناك أحد يعزف موسيقى مزعجة، فأنت تعرف أنك إذا انتقلت إلى بقعة أبعد فإن الموسيقى تصبح أخف بالطبع، وهذا يعني أن موقعك بالنسبة لها قد تغيّر. بالنسبة لشيء صغير جداً وبليد بحيث لا يستطيع أن يقوم بهذه التجربة لنقل سلحفاة قد تكون غير معقولة فكرة أن صندوقاً موسيقياً يمكن أن يبدو لراصدين، كأنه ينتج لحنين مختلفين من الموسيقى في آن واحد.

إن الأكثر تحدياً ولاحدسية من كل المفهومات في نظرية النسبية هو فكرة أن الزمان جزء من المكان. تميل غريزتنا إلى عد الزمان أبدياً ومطلقاً وثابتاً؛ ونعتقد أن لا شيء يستطيع أن يزعج ثباته. وفي الحقيقة، وبحسب آينشتاين، إن الزمن متنوع ومتغير ودائماً له شكل. إنه مقيد «مترابط داخلياً بنحو لا يمكن فصله»، كما عبر ستيفن هوكينغ مع الأبعاد الثلاثة للمكان في بعد مثير للفضول يُدعى (الزمكان).

يُشرح الزمكان عادة عبر الطلب منك أن تتخيّل شيئاً مستوياً لكنه مطواع، أو فرشة، أو قطعة من المطاط، يستقر عليها شيء دائري ثقيل، ككرة حديدية. إن وزن الكرة الحديدية يسبّب تمدد المادة التي يستقر عليها فترتخي قليلاً. وهذا متناظر تقريباً مع التأثير الذي يحدثه شيء كبير كالشمس (الكرة الحديدية) في الزمكان (المادة): إنها تمدده وتحنيه وتغلّفه. الآن، إذا دحرجت كرة أصغر عبر الورقة، فإنها تحاول الانطلاق في خط مستقيم كما تقتضي قوانين نيوتن الخاصة بالحركة، ولكن حين تقترب من الشيء الكبير ومنحدر النسيج المرتخي، فإنها تنحدر نحو الأسفل مشدودة بنحو يتعذّر اجتنابه إلى الشيء الأضخم. هذه هي الجاذبية: نتاج انعطاف الزمكان.

إن كل ما له كتلة يخلق قليلاً من الانخفاض (الضعف) في نسيج الكون. وهكذا فإن الكون -كما عبّر دينيس أوفرباي- هو «الفرشة المرتخية المطلقة». والجاذبية -في هذا المنظور- لم تعد شيئاً كنتيجة: «ليست قوة وإنما نتاج فرعي للزمكان المنحرف»، كما عبّر عالم الفيزياء ميشيو كاكو، الذي تابع القول: «بمعنى ما، الجاذبية لا توجد؛ ما يحرّك الكواكب والنجوم هو تشوّه المكان والزمان».

إن مثال الفرشة المرتخية يستطيع أن يأخذنا فقط بعيداً؛ لأنه لا يستطيع أن يدمج تأثير الزمن. ولكن عندئذ، تستطيع أدمغتنا أن تأخذنا فقط حتى الآن؛ لأنه تقريباً من المستحيل تصوّر بُعدٍ يضمّ ثلاثة أجزاء مكان إلى جزء زمن واحد، وكله متشابك كخيوط في نسيج مربّع النقش. على أي حال، أعتقد أننا نستطيع أن نتفق أن هذه كانت فكرة كبيرة بنحو مزعج بالنسبة لشاب يحدق من نافذة مكتب تسجيل الاختراعات في عاصمة سويسرا.

اقترحت نظرية النسبية لآينشتاين -بين أمور أخرى كثيرة- أن الكون إما هو يتمدّد وإما هو يتقلّص. ولكن آينشتاين لم يكن عالماً بالكوزمولوجيا وقبل الحكمة السائدة بأن الكون ثابت وأبدي. أدخل في معادلاته بنحو انفعالي تقريباً شيئاً يدعى الثابت الكوني، الذي وازن بنحو اعتباطي تأثيرات الجاذبية، خادماً كنوع من زر التوقف الرياضي. إن الكتب التي تتحدث عن تاريخ العلم تغفر لآينشتاين

دومـاً هذا الخطأ، ولكنه كان في الواقـع قطعة من العلم مخيفة حقاً وكان يعرفها. دعاها: «الخطأ الفادح في حياتي».

في الوقـت الـذي كان فيه آينشتاين يضم ثابتاً كونياً إلى نظريته، كان هنـاك في مرصد لويل في آريزونا عالم فلك يتمتع باسم بيمجريّ مبهج هو فيستو سليفر (كان في الحقيقة من إنديانا)، وكان يقوم بقراءات طيفية للنجوم البعيدة ويكتشف أنها تبـدو وكأنها تتحرك بعيداً عنـا. لم يكن الكون ثابتاً. فالنجوم التي رصدها سليفر أبدت إشارات لا تخطئ لما يسمى بـ «إزاحة دوبلر»: كالصوت المميز المتطاول الذي تصـدره السيارات حـين تمر بسرعة على مسار سبـاق(*). تنطبق الظاهرة أيضاً علـى الضـوء، وفي حالة تراجع المجرات يعـرف هذا باسم الانزيـاح الأحمر*(**) (لأن الضـوء الذي يتحرك بسرعة بعيداً عنا ينـزاح إلى الأحمر في نهاية الطيف؛ مقترباً من انزياحات الضوء إلى الأزرق).

كان سليفـر أول من لاحظ هذا التأثـير في الضوء وأدرك أهميته الكامنة لفهم حـركات الكون. ولسوء الحـظ، لا أحد لاحظه كثيراً. فقـد كان مرصد لويل -كما يمكـن أن تتذكروا- مكانـاً غريباً بسبب هوس برسيفال لويـل بالقنوات المريخية، التـي جعلته في العقد الأول من القـرن العشرين قاعدة أمامية للمسعى الفلكي. لم يكـن سليفر مطلعاً على نظريـة النسبية لآينشتايـن وكان العالم غير مدرك بنحو مساوٍ لسليفر. وهكذا فإن اكتشافه لم يكن له تأثير.

(*) سمـي على اسم جوهان كريستيـان دوبلر، العالم النمساوي، الـذي كان أول من لاحظ التأثير في 1842. فبنحـو موجز، ما يحـدث هو أن شيئاً يتحرك يقترب من شـيء ثابت، فإنها أمواجه الصوتيـة تصبـح أكثر تردداً وهي تحتشد إزاء أي أداء تتلقاها (لنقل أذنيك)، تماماً كما تتوقّع مـن أي شـيء يُدفع مـن الخلف نحو شـيء ثابت. هذا الـتردد يدركه المستمع علـى أنه نوع من الصـوت المتطـاول (اليي). وفيما يمـر مصدر الصوت، فـإن موجات الصـوت تنتشر وتطول، جاعلة الإيقاع يهبط فجأة (اليم).

(**) انزياح الخطوط الطيفية لبعض النجوم والمجرات نحو اللون الأحمر، وذلك من جرّاء تباعد تلك النجوم والمجرّات عن الأرض. المترجم.

سيحظى بالمجد بدلاً من ذلك كتلة ضخمة من الأنانية تدعى إدوين هبل. ولد هبل في 1889، بعد عشر سنوات من ولادة آينشتاين، في بلدة صغيرة في ولاية ميسوري على حافة الأوزاركس Ozarks وترعرع هناك في (ويتن، إيلينوي)، وهي ضاحية في شيكاغو. كان والده مدير ضمان ناجحاً، ولهذا كانت حياته مريحة دوماً، وتمتّع إدوين بثروة من العطايا الجسدية، أيضاً. كان رياضياً قوياً وموهوباً، وساحراً وذكياً وجميل المنظر بنحو كبير. كان «أنيقاً بشكل معيب تقريباً»، كما وصفه وليم هـ. كوبر، ودعاه معجب آخر بـ«أدونيس». وكما يروي عن نفسه، أدخل في سيرة حياته أعمالاً جسورة متواصلة كإنقاذ السباحين الغارقين، وقيادة الرجال الخائفين إلى الأمان عبر ساحات المعركة في فرنسة، مزعجاً أبطال العالم في الملاكمة بضربات قاضية في جولات العرض. بدا كل هذا جيداً بحيث تم تصديقه. وبالإضافة إلى كل مواهبه، كان هبل كاذباً كبيراً أيضاً.

وهذا أكثر من غريب، ذلك أن حياة هبل كانت مليئة من سن مبكرة بمستوى من التميز الأصيل، الذي كان أحياناً ذهبياً بشكل يدعو إلى السخرية. ففي مسابقة في الثانوية في 1906، فاز بالقفز العالي، وفي رمي الكرة الحديدية، والقرص، ورمي المطرقة، والقفزة العالية وقوفاً والقفزة العالية ركضاً، وكان في فريق البدل للفريق الفائز. وكان الثالث في القفز الطويل. وفي العام نفسه، سجل رقماً قياسياً في ولاية إلينيوي في القفز المرتفع.

كان بارعاً في البحث بنحو مساوٍ، ولم تواجهه مشكلة في الحصول على قبول جامعي لدراسة الفيزياء وعلم الفلك في جامعة شيكاغو (حيث -بالمصادفة- كان رئيس القسم آنذاك ألبرت متشلسون). وقد اختير هناك؛ كي يكون واحداً من باحثي رودس الأوائل في أكسفورد. وعلى ما يبدو قلبت رأسه ثلاثة أعوام من الحياة الإنكليزية، ذلك أنه عاد إلى ويتون في 1913 يعتمر قبعة، ويدخن الغليون ويتحدث بلكنة جهورية مميّزة ليست إنكليزية تماماً، ولكنها ليست غير إنكليزية تماماً بقيت معه طوال حياته. وبالرغم من أنه زعم فيما بعد أنه أمضى معظم

العقد الثاني من القرن يمارس القانون في كنتكي، فإنه عمل في الحقيقة كمدرس في ثانوية ومدرب كرة سلة في نيو ألباني، وإنديانا، قبل أن يحصل متأخراً على شهادة الدكتوراه ويخدم في الجيش لمدة وجيزة. (وصل إلى فرنسة قبل شهر من الهدنة ومن المؤكد أنه لم يسمع طلقة نارية واحدة أطلقت في حالة غضب).

وفي 1919 -وقد بلغ الثلاثين من العمر- انتقل إلى كاليفورنيا وحصل على منصب في مرصد جبل ولسون قرب لوس أنجلس. وبسرعة -وبنحو أكثر من مفاجئ بقليل- أصبح عالم الفلك الأبرز في القرن العشرين.

يستحق الأمر أن نتوقف قليلاً؛ كي نفكّر كم كان القليل معروفاً عن الكون في هذا المكان. يعتقد علماء الفلك اليوم أن هناك على الأرجح 140 بليون مجرة في الكون المرئي. هذا عدد ضخم، أكبر بكثير من مجرّد القول: إنه سيقودك إلى الافتراض. لو كانت المجرات بازلاء مجمدة، لكانت كافية لملء مدرج كبير، ولنقل حديقة بوسطن القديمة أو قاعة ألبرت الملكية. (وقد حسب ذلك عالم فيزياء فلكية يدعى بروس غريغوري). في 1919، حين ركز هبل تفكيره على العدسة، كان عدد المجرات المعروفة لنا واحداً: الدرب اللبنية. اعتُقد أن كل شيء آخر هو إما جزء من الدرب اللبنية أو غاز من الغازات المحيطة. شرح هبل بسرعة خطأ ذلك الاعتقاد.

في العقد اللاحق، عالج هبل اثنين من أهم الأسئلة في الكون: كم عمره، وكم حجمه؟ ومن أجل الإجابة عن السؤالين من الضروري معرفة أمرين: كم تبعد مجرّات معيّنة وكم سرعة طيرانها عنا (ما يُعرف باسم سرعتها الانسحابية). إن الانزياح الأحمر يقدم السرعة التي تنسحب بها المجرّات، ولكنه لا يخبرنا مسافة البعد التي تبدأ بها. ذلك أننا بحاجة إلى ما يدعى بـ «الشموع القياسية(*)»، نجوم يمكن أن يُحسب تألقها بنحو موثوق ويُستخدم على أنه نقاط ارتكاز لقياس التألق (ومن هنا المسافة النسبية) لنجوم أخرى.

(*) وحدات لقياس شدّة التألّق. المترجم.

حالف هبل الحظ بسرعة بعد أن استنتجت امرأة بارعة اسمها هنرييتا سوان ليفت طريقة للعثور على هذه النجوم. عملت ليفت في مرصد كلية جامعة هارفارد بوصفها حاسوباً، كما كانت تُعرف. وكانت «الحواسيب» تمضي حياتها في دراسة ألواح الصور الفوتوغرافية للنجوم والقيام بالحسابات، ومن هنا جاء الاسم. كان عملاً أكثر مشقة بقليل لو كان لها اسم آخر، ولكنها كانت قريبة كما بوسع النساء الاقتراب من علم الفلك الحقيقي في هارفارد أو بالفعل، في أي مكان آخر في تلك الأيام. وبالرغم من أن النظام غير عادل فإنه امتلك فوائد غير متوقعة: كان هذا يعني أن نصف العقول الأروع المتاحة وُجِّهت إلى العمل الذي كان سيجذب القليل من الانتباه والتأمل وضَمنَ أن النساء صرن يستوعبن البنية الرائعة للكون، التي فاتت غالباً النظراء من الذكور.

استخدمت أحد «كمبيوترات هارفرد»، آني جمب كانون، معرفتها بالنجوم كي تخترع نسقاً من التصنيفات النجميّة ما يزال يُستخدم حتى الآن. ولكن إسهام ليفت كان أكثر عمقاً. لاحظت أن نمطاً من النجوم المعروف باسم النجوم القيفاويّة(*) (على اسم كوكبة قيفاوس، حيث حُدّد الأول) تنبض بإيقاع منتظم؛ نوع من خفقان القلب النجمي. كانت النجوم القيفاويّة نادرة، ولكن واحداً منها على الأقل معروف جيداً لمعظمنا. إن نجم القطب هو قيفاويّ.

نعرف الآن أن النجوم القيفاويّة تنبض؛ لأنها نجوم كبيرة عبرت «طور تعاقبها الرئيس» -في اصطلاحات علماء الفلك- وصارت عمالقة حمراً. إن كيمياء العمالقة الحمر ثقيلة جداً بالنسبة لأهدافنا هنا (تتطلب فهماً لمواصفات ذرات الهليوم المؤيّنه بنحو فردي «المحوّلة إلى أيونات»، بين أمور أخرى كثيرة)، ولكن إذا عبّرنا ببساطة فإن هذا يعني أنها تحرق وقودها المتبقي بطريقة تنتج تألقاً وبهوتاً إيقاعيين وموثوقين جداً. تجلّت عبقرية ليفت في إدراكها أننا إذا قارنّا بين الأحجام النسبية للنجوم القيفاويّة في نقاط مختلفة من السماء، نستطيع أن

(*) أي من مجموعة من النجوم المتغيّرة التي يُنسب تغيّر لمعانها إلى تقلّص حجمها وتمدّده على نحو متعاقب.

نستنتج مواضعها عن طريق العلاقة بين بعضها. يمكن أن تُستخدم على أنها شموع للقياس، وهذا مصطلح نحتته هي ولا يزال شائعاً. لم يقدم المنهج إلا المسافات النسبية، مغفلاً المسافات المطلقة، ولكن كانت هذه أول مرة ابتكر فيها أحد طريقة مفيدة لقياس الكون الضخم.

(ومن أجل أن نضع هذه الاستبصارات في منظور، ربما كان من الجدير بالذكر أنه في الوقت الذي كانت فيه ليفت وكانون تستنتجان مواصفات جوهرية للكون من لطخ نجوم بعيدة على ألواح فوتوغرافية، كان عالم الفلك في هارفارد وليم هـ. بيكرينغ -الذي كان بوسعه أن ينظر عبر التلسكوب الذي من الصنف الأول كلما أراد- كان يطوّر نظريته الرشيميّة بأن البقع السوداء التي على القمر ناجمة عن حشود حشرات تهاجر موسمياً).

مازجاً عصا ليفت الياردّية بالانزياحات الحمراء الملائمة الخاصة بفيستو سليفر، بدأ هبل يقيس نقاطاً منتقاة في الفضاء بعين جديدة. وفي 1923 أظهر أن نفخة من لعاب الشمس في كوكبة أندرو ميدا يعرف باسم إم[31] ليس سحابة غازية مطلقاً، وإنما علامة نجوم، ومجرةٍ، تبعد ثلاث مئة سنة ضوئية في الجانب الآخر، وتبعد على الأقل تسع مئة ألف سنة ضوئية. كان الكون أرحب، أرحب بكثير مما سبق وافترض أي شخص. وفي 1924 ألّف هبل بحثاً مهماً، بعنوان «النجوم القيافويّة في المجرة اللولبيّة»، مظهراً أن الكون لا يتألف من الدرب اللبنية فحسب؛ بل من كثير من المجرات المستقلة: «جزر أكوان»، كثير منها أكبر من الدرب اللبنية وأكثر بعداً.

كان هذا الاكتشاف وحده سيضمن الشهرة لهبل، ولكنه استدار الآن إلى مسألة استنتاج كم هو الكون أكبر، وقام حتى باكتشاف أكثر قوة. بدأ هبل يقيس أطياف المجرات البعيدة، وكان هذا هو العمل الذي شرع به سليفر في آريزونا. مستخدماً تلسكوب هوكر الجديد في جبل ولسون، الذي بطول 100 إنش وبعض الاستنتاجات الذكية، اكتشف في أوائل الثلاثينيات أن جميع المجرات التي في السماء (عدا

عنقودنا المحلي) تتحرك بعيداً عنّا. فضلاً عن ذلك، إن سرعتها وبعدها متناسبان تقريباً: فكلما ابتعدت المجرة، كلما زادت سرعة حركتها.

كان هذا مدهشاً بحق. كان الكون يتمدّد بسرعة في جميع الاتجاهات. ولم يحتج الأمر إلى كمية كبيرة من التخيل للقراءة نحو الخلف انطلاقاً من هذا، وإدراك أنه بالآتي يجب أن يكون قد بدأ من نقطة مركزية ما. بعيداً عن كونه الفراغ المستقر والثابت والأبدي الذي افترضه الجميع دوماً، كان هذا كوناً له بداية.

إن الأعجوبة -كما قال ستيفن هوكينغ- هي أنه لا أحد اكتشف فكرة تمدد الكون من قبل. كون الكون ثابتاً كان مبدأً جلياً لنيوتن وجميع علماء الفلك المفكرين، وسينهار على نفسه. كانت هناك أيضاً مشكلة أنه إذا كانت النجوم تشتعل بنحو دائم في كون ثابت، فإنها ستسبب ارتفاع حرارة لا يُحتمل، وهي بالتأكيد حرارة عالية جداً بالنسبة لأشباهنا. لقد حلّ الكون المتمدد كثيراً من هذه الأمور بجرّة قلم.

كان هبل راصداً أكثر مما هو مفكر ولم يدرك على الفور المعاني الضمنية لما اكتشفه. ويعود هذا في جزء منه إلى أنه كان يجهل بنحو مخيف نظرية النسبية، التي أبدعها آينشتاين. كان هذا فاقعاً، لسبب واحد؛ لأن آينشتاين ونظريته عمت شهرتهما العالم. فضلاً عن ذلك، قبل ألبرت متشلسون -الذي كان آنذاك في أعوامه الأخيرة إلا أنه كان الأكثر تيقظاً وتقديراً بين العلماء- وظيفةً في جبل ولسون؛ كي يقيس سرعة الضوء بمقياس التداخل الذي اخترعه، ومن المؤكد أنه ذكر له إمكانية تطبيق نظرية آينشتاين على اكتشافاته.

على أي حال، أخفق هبل في اغتنام الفرصة النظرية حين سنحت. بدلاً من ذلك، ترك الأمر لباحث وقس بلجيكي (يحمل الدكتوراه من الإم آي تي) يدعى جورج ليميتر Georges Lemaitre كي يجمع الخيطين في نظريته عن «الألعاب النارية»، التي اقترحت أن الكون بدأ مثل نقطة هندسية، مثل «ذرة أوليّة» انفجرت إلى العظمة وكانت تتحرك منفصلة عن بعضها منذ ذلك الوقت. كانت فكرة توقعت المفهوم الحديث عن الانفجار العظيم، ولكنها كانت سابقة لزمانها، بحيث

إنّ ليميتر نادراً ما حصل على أكثر من الجملة أو الجملتين اللتين منحناهما له هنا. واحتاج العالم إلى عقود إضافية، وإلى الاكتشاف غير المقصود للإشعاع الخلفي الكوني، الذي قام به بنزياس وولسون في هوائيهما الذي أصدر هسيساً في نيوجرسي، قبل أن ينتقل الانفجار الكوني من فكرة ممتعة إلى نظرية أصيلة.

لم يكن هبل ولا آينشتاين جزءاً كبيراً من تلك القصة الكبيرة. وبالرغم من أنه لم يحضر القصة أحد في ذلك الوقت، فإن الرجلين قد أنجزا كثيراً.

في 1936 نشر هبل كتاباً شعبياً بعنوان (مملكة المجرات)، شرح فيه بأسلوب مسلّ إنجازاته المعتبرة. وأظهر في هذا الكتاب أخيراً أنه اطّلع على نظرية آينشتاين، إلى نقطة ما، على أي حال: لم يخصص لها إلا صفحتين من قرابة 200 صفحة.

توفي هبل إثر نوبة قلبية في 1953. وكانت تنتظره غرابة صغيرة واحدة. فلأسباب يكتنفها الغموض، رفضت زوجته إعداد جنازة له ولم تكشف أبداً ما فعلته بجثته. بعد نصف قرن لا يزال مكان جثة أعظم عالم فلك مجهولاً. يجب أن تنظروا إلى السماء وإلى تلسكوب هبل الفضائي الذي أطلق في عام 1990 تخليداً لذكراه.



الفصل التاسع

الذرّة الجبّارة

فيما كان آينشتاين وهبل يشرحان البنية الضخمة للكون، كان آخرون يصارعون لفهم شيء أكثر قرباً: الذرة الصغيرة والغامضة على الدوام.

قال عالم الفيزياء العظيم الذي من كالتيك Caltech رتشارد فينمان في إحدى المرات: إذا أردتم اختزال التاريخ العلمي إلى مقولة واحدة مهمة فستكون: «إن جميع الأشياء مصنوعة من الذرة». إنها في جميع الأمكنة وتؤلّف كل شيء. انظروا حولكم. كل شيء ذرات. ليس الأشياء الصلبة كالجدران والطاولات والمقاعد فحسب، وإنما الجو الذي في الداخل. وهي هناك في أعداد لا تستطيعون إحصاءها.

إن الترتيب الأساسي العامل للذرات هو الجزيء (وهو كلمة مشتقة من اللاتينية تعني «الكتلة الصغيرة»). ويتألف الجزيء من ذرّتين أو أكثر تعملان في ترتيب ثابت تقريباً: أضفْ ذرتين من الهيدروجين إلى ذرة أوكسجين وستحصل على جزيء ماء. ويميل الكيميائيون إلى التفكير من زاوية الجزيئات لا العناصر، كما يفكر الكتاب من زاوية الكلمات لا الأحرف، وهكذا فهم يحصون الجزيئات وهذه كثيرة جداً في أقل تقدير. فعلى مستوى البحر، وفي درجة حرارة تبلغ الصفر على المقياس السنتغرادي، إن سنتمتراً مكعباً من الهواء (أي فراغ بحجم قطعة سكّر) يحتوي على 45 بليون جزيء. والجزيئات موجودة في كل سنتمتر مكعب ترونه حولكم. فكّروا كم هناك من السنتمترات المكعبة في العالم خارج نافذتكم، وكم سيحتاج الأمر إلى مكعبات سكّر لملء ذلك المنظر. ثم فكّروا كم سيحتاج الأمر إلى بناء كون. إن الذرات هي -باختصار- وافرة جداً.

إن الذرات مستمرة بشكل يفوق الخيال. ولأن حياتها طويلة، فإنها في الواقع تنتشر حولنا. فكل ذرة تمتلكونها مرت بالتأكيد عبر العديد من النجوم، وكانت

جزءاً من ملايين من المتعضيّات في طريقها لتصبح أنتم. فنحن غزيرون جداً على الصعيد الذري ويعاد تصنيعنا بقوة عند الموت بحيث إنّ عدداً كبيراً من ذراتنا بليون لكل منا، كما قيل كان على الأرجح مرة لشكسبير. وجاءت بلايين أخرى من بوذا وجنكيز خان وبيتهوفن، وأي شخصية تاريخية تهتم بتسميتها. (وعلى ما يبدو يجب أن تكون الشخصيات تاريخية بما أن الأمر يستغرق عدة عقود بالنسبة للذرات؛ كي تُوزّع بنحو كامل؛ ومهما رغبت بالأمر، فإنك لست متوحداً مع ألفيس بريسلي).

وهكذا فإننا جميعاً تجسّدات جديدة، بالرغم من أن حياتنا قصيرة. فحين نموت، تتفرّق ذرّاتنا وتنتقل للعثور على استخدامات جديدة في مكان آخر كجزء من ورقة أو كائن بشري آخر أو قطرة ندى. والذرات نفسها -على أي حال- تستمر عملياً إلى الأبد. ولا أحد يعرف بالفعل كم يمكن أن تحيا ذرة، ولكن بحسب مارتن ريس فإنها تحيا على الأرجح 10^{35} أعوام، وهذا رقم كبير جداً بحيث إنّني سعيد للتعبير عنه بترميز رياضي.

فضلاً عن ذلك، إن الذرات صغيرة؛ صغيرة جداً بالفعل. إن نصف مليون منها إذا تراصف إلى جانب بعضه بعضاً يستطيع أن يختفي خلف شعرة. وعلى ميزان كهذا من المستحيل تخيّل ذرة وحيدة جوهرياً، ولكننا نستطيع أن نحاول بالطبع.

ابدؤوا بالمليمتر، الذي هو خط بهذا الطول. تخيّلوا الآن أن هذا الخط مقسّم إلى ألف قطعة مساوية. إن كلاً من هذه القطع هو ميكرون(*). وهذا هو ميزان المتعضّي المجهري. إن برامسيوم عادي، على سبيل المثال وهو أحادي الخلية يعيش في المياه العذبة يبلغ عرضه نحو 2 ميكرون، 0.002 مليمتر، وهذا حقاً صغير جداً. إذا أردتم أن تروا بأعينكم المجردة هذا الحيوان وهو يسبح في قطرة ماء، فعليكم أن تكبّروا هذه القطرة إلى تصبح بعرض 12 متراً. على أي حال، إذا أردتم أن تروا الذرات في القطرة نفسها، فعليكم أن تجعلوا القطرة بعرض 24 كيلومتراً.

(*) جزء من المليون من المتر. المترجم.

بتعبير آخر، توجد الذرات على ميزان من الصغر من نظام آخر تماماً. وللنزول إلى مستوى الذرات، عليك أن تأخذ كلاً من هذه القطع الميكرونية وتقطعها إلى عشرة آلاف قطعة أكثر صغراً. هذا هو قياس الذرة: جزء من عشرة ملايين من المليمتر. إن هذه درجة من الصغر تتجاوز مقدرة مخيلاتنا، ولكنكم تستطيعون أن تأخذوا فكرة عن النِسب إذا وضعتم في أذهانكم أن ذرة واحدة، هي بالنسبة لخط الميليمتر ذاك في الأعلى بسماكة الورقة بالنسبة لارتفاع مبنى الإمبايرستيت.

إن الوفرة والاستمرارية المفرطة للذرات هي التي تجعلها مفيدة، أما صغرها فيجعل من الصعب رصدها وفهمها. إن إدراك أن الذرات هي هذه الأمور الثلاثة: صغيرة، وافرة، وغير قابلة للتدمير عملياً، وأن جميع الأشياء تُصنع منها، لم يخطر في البداية لأنطوان لوران لافوازييه، كما يمكن أن تتوقعوا، أو حتى لهنري كافندش أو همفري ديفي، وإنما خطرت لصَاحِبيٍّ بريطاني نادرٍ وجيدِ الثقافة يُدعى جون دالتون، تحدثنا عنه في الفصل السابع.

وُلد دالتون في 1766 عند حافة مقاطعة ليك، قرب كوكرماوث، لأسرة من النسّاجين الصاحبيين الفقراء والمتدينين. (بعد أربع سنوات جاء الشاعر وليم وردزورث إلى العالم في كوكرماوث) كان دالتون طالباً ذكياً على نحو استثنائي ومتألقاً جداً، بحيث إنّه في ذلك السن الفتي في الثانية عشرة وُضع تحت مسؤولية المدرسة الصاحبيّة المحلية. وربما يتحدث هذا عن المدرسة بقدر ما يتحدث عن إدراك دالتون السّبقي، ولكن ربما لا:فنحن نعرف من يومياته أنه في هذا الوقت كان يقرأ كتاب المبادئ لنيوتن في أصله اللاتيني بتعبير آخر، كان يتمتع بطبيعة متحدية بنحو مشابه. وفي الخامسة عشرة -وكان ما يزال يدرّس في المدرسة- حصل على عمل في بلدة كندال القريبة، وبعد عقد من هذا انتقل إلى مانشستر حيث نادراً ما غادرها في السنوات الخمسين المتبقيّة من حياته. وفي مانشستر، صار زوبعة فكرية، وألف الكتب والأبحاث عن موضوعات تتسلسل من علم الأرصاد الجوية إلى النحو. إن عمى الألوان -الذي عانى منه- دعي لوقت طويل باسم

الدالتونيـة بسبب دراساته. لكنّ كتابـاً مهماً بعنوان: منهج جديد لفلسفة الكيمياء الذي نُشر في 1808 هو الذي صنع شهرته.

في هـذا الكتـاب -وفي فصل قصير مؤلـف من خمس صفحـات فحسب (من كتاب يتألف من أكثر من 900 صفحة)- تعرّف رجال العلم لأول مرة على الذرات بطريقـة قريبة إلـى مفهومهم الحديث. كان استبصار دالتـون البسيط هو أنه في جذر المادة كلها ثمة جزيئات مفرطة الصغر غير قابلة للاختزال. «نستطيع إدخال كوكـب جديد في المنظومة الشمسية أو أن ندمر آخر موجوداً، ولا نستطيع أن ندمر أو نخلق جزيئاً من الهيدروجين» كما قال.

لم تكـن فكـرة الـذرات ولا المصطلح نفسـه جديدين تماماً. فقد طـور كليهما اليونانيون. وكان إسهـام دالتون هو أن يفكّر في الأحجام النسبية ومواصفات هذه الـذرات وكيف تتلاءم سوية. كان يعرف - على سبيـل المثال - أن الهيدروجين هو أخـفّ عُنصـر، بحيث أعطاه الوزن الذري 1. اعتُقد أيضاً أن الماء يتألّف من سبعة أجزاء من الأوكسجين مقابل واحد من الهيدروجين، وهكذا مُنح الأوكسجين الوزن الـذري 7. كان قـادراً بوسائـل كهذه على الوصـول إلـى الأوزان النسبية للعناصر المعروفة. ولم يكن دائماً مصيباً جداً، إن الوزن الذري للأوكسجين هو في الحقيقة 16، وليـس 7 ولكن المبدأ كان صحيحاً ووضع أساساً للكيمياء الحديثة كلها ولكثير من بقية العلم الحديث.

جعـل هذا العمل دالتون مشهوراً، بالرغم من أن شهرته كانت شهرة محدودة، علـى غرار الصاحبي الإنكليزي. ففي 1826، سافر عالم الكيمياء الفرنسي ب.ج. بليتييه P.J. Pelletier إلى مانشستر لمقابلة البطل الذري. توقّع (بليتييه) أن يجده متمتّعاً بحدس مهيب ما، ولكنه دُهش حين اكتشف أنه يعلّم مبادئ الحساب الأولى للفتيـان في مدرسة صغيرة في شارع خلفـي. وبحسب المؤرخ العلمي ي.ج.هوليارد، تلعثم بليتييه المشوش لدى رؤية الرجل العظيم:

هل لي الشرف بمقابلة السيد دالتون؟ إذ بالكاد صدق عينيه أن عالم الكيمياء ذا الشهرة الأوروبية، كان يعلّم فتى مبادئه الأولى الأربعة. «نعم»، قال الصاحبي العملي.

«هل يمكن أن تجلس؛ حتى أوضح هذه الفكرة الحسابية لهذا الفتى؟».

وبالرغم من أن دالتون حاول أن يتجنّب جميع التكريمات، فقد انتُخب في الجمعية الملكية ضد رغباته، وتدفقت عليه الأوسمة ومُنح معاشاً حكومياً جيداً. وحين وافته المنيّة في 1844، نظر أربعون ألف شخص إلى الكفن وامتد موكب الجنازة ميلين. أما مدخله في قاموس السيرة الذاتية القومية فهو الأطول، ولا يبذه في طوله بين مداخل علماء القرن التاسع عشر سوى المدخلين الخاصين بداروِن وليل.

بعد أن قدم دالتون اقتراحه، بقي فرضياً بشكل كامل طوال قرن، وشكّك بعض العلماء البارزين ومنهم عالم الفيزياء الفييني إرنست ماخ Ernest Mach، الذي سُجّل له اكتشاف سرعة الصوت بوجود الذرات. «لا يمكن إدراك الذرات بالحواس... إنها أمور خاصة بالفكر»، كما كتب. هكذا كان الارتياب الذي نُظر به إلى وجود الذرات في العالم الناطق بالألمانية خاصة، الذي قيل: إنه أدى دوراً في انتحار عالم الفيزياء النظرية العظيم والمتحمس الذري لودفيغ بولتزمان Ludwig Boltzmann في 1906.

كان آينشتاين هو الذي قدّم الدليل الأول غير القابل للدحض عن وجود الذرات في بحثه المتعلق بالحركة البراونية في 1905، ولكن هذا لم يجذب انتباهاً يُذكر، وعلى أي حال كان آينشتاين مستهلكاً من عمله في نظرية النسبية العامة. وهكذا فإن البطل الحقيقي الأول للعصر الذري -هذا إن لم يكن الشخصية الأولى في المشهد- هو إرنست رزرفورد.

وُلد رزفورد في 1871 في المباني الخلفية في نيوزلندة لوالدين هاجرا من أسكتلندة؛ كي يزرعا قليلاً من نبات الكتان وينجبا كثيراً من الأولاد (بحسب ستيفن واينبرغ). ولأنه نشأ في جزء بعيد من بلاد بعيدة، كان بعيداً عن الاتجاه

السائد للعلم، ولكن في عام 1895 حصل على منحة أخذته إلى مختبر كافندش في جامعة كمبردج، الذي صار أكثر الأماكن أهمية في العالم للعمل في الفيزياء.

كان علماء الفيزياء يحتقرون بنحو مشهور العلماء في ميادين أخرى. فحين قامت زوجة عالم الفيزياء النمساوي العظيم ولفانغ بولي بتركه من أجل عالم كيمياء، صُعق غير مصدّق. وقال متعجباً لصديق: «لو أنها تزوجت مصارع ثيران لفهمت الأمر، ولكن كيميائياً...!!».

كان هذا شعوراً سيفهمه رزرفورد. فقد قال مرة في سطر استخدم مرات كثيرة منذ ذلك الوقت: «إن العلم هو إما الفيزياء أو جمع الطوابع». وكانت المفارقة أنه حصل على جائزة نوبل في 1908 في الكيمياء وليس في الفيزياء.

كان رزرفورد رجلاً محظوظاً وعبقرياً، وكان أكثر حظاً؛ لأنه عاش في وقت كانت فيه الفيزياء والكيمياء مثيرتين جداً ومتطابقتين (هذا ما شعر به). ولكنهما لن يتطابقا أبداً بعد الآن.

وبالرغم من كل نجاحه، لم يكن رزرفورد شخصاً متألقاً وكان سيئاً جداً في الرياضيات. وغالباً في أثناء المحاضرات كان يضيع في معادلاته بحيث كان يتوقف في منتصفها، ويطلب من التلاميذ أن يحلّوها بأنفسهم. وبحسب زميله لوقت طويل جيمس تشادويك - مكتشف النيوترون - لم يكن ذكياً حتى في التجريب. كان عنيداً ومنفتح الذهن. وبدلاً من التألق كان لديه المكر ونوع من الجسارة. وكان ذهنه، على حد قول كاتب سيرته الذاتية: «يعمل دوماً على تخطي الحدود قدر استطاعته، وتجاوز في هذا معظم الرجال الآخرين». فحين تواجهه مشكلة عسيرة، كان يعمل عليها بجد ويخصص لها وقتاً أطول مما يخصصه لها الجميع، وكان أكثر انفتاحاً على الشروح غير الأرثوذكسية. وحقق فتحه العلمي الأعظم لأنه كان مستعداً لقضاء ساعات طويلة مملة جداً جالساً إلى شاشة يحصي إيماضات الجسيمات الألفاوية؛ كما كانت تُدعى. وكان هذا نوعاً من العمل يُعهد عادة لشخص آخر. كان أول من رأى أنه إذا تمت السيطرة على القوة الكامنة في الذرة، فإنها ستصنع قنابل قوية بما يكفي «لجعل هذا العالم القديم يتلاشى في الدخان».

كان رزفورد كبيراً ومزدهراً على المستوى الفيزيائي، بصوت جعل الجبناء يجفلون. مرة حين قيل لزميل: إن رزرفورد كان على وشك صناعة بث إذاعي عبر المحيط الأطلسي، سأل بجفاف: «لماذا استخدام المذياع؟» كان لديه أيضاً كمية كبيرة من الثقة الطيبة. حين قال له أحدهم: إنه يبدو دوماً في أعلى الموجة، أجابه: «حسناً -في النهاية- أنا صنعت الموجة، أليس كذلك؟» وتذكر (سي.بي. سنو) كيف أنه في محل للخياطة في كمبردج، سمع رزرفورد يقول: «كل يوم يكبر مقاس خصري وكذلك عقلي».

ولكن كثيراً من المقاس والشهرة كانا ينتظرانه في 1895 حين أمضى وقته في مختبر كافندش(*) . كانت هذه مدة زاخرة جداً بالأحداث بالنسبة للعلم. ففي عام وصول رزرفورد إلى كمبردج، اكتشف فيلهلم روينتجن أشعة إكس في جامعة وزربورغ في ألمانية؛ في العام اللاحق، اكتشف هنري بكويريل الإشعاعية. وكان مختبر كافندش على وشك الوصول إلى مدة من العظمة. ففي 1897، اكتشف ج.ج.تومسون وزملاؤه الإلكترون هناك، وفي 1911 أنتج هناك (سي.ت.ر. ولسون) فاحص الجزيء الأول (كما سنرى)، وفي 1932 اكتشف جيمس تشادويك النيترون. وفيما بعد، (في 1953)، اكتشف جيمس واطسون وفرانسيس كريك بنية (DNA) في كافندش.

عمل رزرفورد في البداية على موجات المذياع، حقق بعض التميّز حين نجح في بث إشارة موجزة إلى أبعد من ميل، وكان هذا إنجازاً معقولاً جداً في ذلك الوقت، ولكنه تخلى عن ذلك حين أقنعه زميل أن للمذياع مستقبلاً غير ذي أهمية. في المجمل، وعلى أي حال لم يزدهر رزرفورد في كافندش، وبعد ثلاثة أعوام شعر أنه ضيع وقته هناك، فتولى منصباً في جامعة مجيل في مونتريال، حيث بدأ صعوده الطويل والمطرد إلى العظمة. وفي الوقت الذي حصل فيه على جائزة نوبل (من أجل «استقصاءات في تحلل العناصر، وكيمياء المواد المشعة»، كما أورد رسمياً)

(*) أتى الاسم من آل كافندش الذي انحدر منهم هنري. كان هذا وليم كافندش؛ الدوق السابع لديفونشير، وكان رياضياً موهوباً وبارون فولاذ في إنكلترة الفكتورية. وفي 1870 منح الجامعة 6.300 جنيه إسترليني لبناء مختبر للتجارب.

انتقل إلى جامعة مانشستر، وهناك - في الحقيقة - قام بعمله الأكثر أهمية وهو تحديد بنية الذرة وطبيعتها.

كان من المعروف في أوائل القرن العشرين أن الذرات مصنوعة من أجزاء كما بيّن اكتشاف طومسون للإلكترون، ولكن لم يكن معروفاً كم عدد الأجزاء أو كيف تلاءمت معاً أو الشكل الذي اتخذته. اعتقد بعض علماء الفيزياء أن الذرات يمكن أن تكون مكعبة الشكل؛ لأن المكعبات تُجمع سوية بأناقة دون أن تضيّع أي فراغ. أما الصورة الأكثر عمومية -على أي حال- فهي أن الذرة كانت تشبه أكثر كعكة المشمش أو فطيرة الخوخ: شيء كثيف وصلب يحمل شحنة موجبة ولكنه مزوّد بإلكترونات ذات شحنات سلبية، على غرار المشمش في الكعكة.

وفي 1910 (وبمساعدة من طالبه هانز جيجر، الذي سيخترع فيما بعد راصد الإشعاع الذي حمل اسمه) قام رزرفورد بإطلاق ذرات الهليوم المؤيّنة، أو جزيئات ألفا، على رقاقةٍ من رقاقات الذهب(*) . بما فاجأ رزرفورد، هو أن الجزيئات ارتدت إلى الخلف. كان الأمر كما قال كما لو أنه أطلق قذيفة طولها 15 إنشاً على لوح فارتدت عائدة إلى حضنه. كان من غير المفترض أن يحدث هذا. وبعد تأمل معتبر أدرك أنه لا يمكن أن يكون هناك إلا شرح واحد ممكن: إن الجزيئات التي ارتدت إلى الخلف كانت تضرب شيئاً ما صغيراً وكثيفاً في قلب الذرة، بينما الجزيئات الأخرى أبحرت دون عائق. كانت الذرة -كما أدرك رزرفورد- فضاء فارغاً تقريباً، بنواة كثيفة جداً في مركزها. كان هذا اكتشافاً مجزياً جداً، ولكنه طرح مشكلة فورية. بحسب جميع قوانين الفيزياء التقليدية، يجب من ثمّ ألا توجد الذرات.

دعونا نتوقّف للحظة ونفكّر ببنية الذرّة كما نعرفها الآن. إن كل ذرة هي مصنوعة من ثلاثة أنواع من الجزيئات الأولية: البروتونات، التي تحتوي على شحنة

(*) صار جيجر فيما بعد نازياً مخلصاً، وخان دون تردد زملاءه اليهود، وبينهم كثيرون من الذين ساعدوه.

كهربائية موجبة؛ والإلكترونات، التي تملك شحنة كهربائية سالبة؛ والنيوترونات التي لا تملك أي شحنة. إن البروتونات والنيوترونات موجودة في النواة، بينما الإلكترونات تدور حولها في الخارج. إن عدد البروتونات هو الذي يمنح الذرة هويتها الكيماوية. فذرة ببروتون واحد هي ذرة هيدروجين، التي باثنين هي ذرة هليوم، والتي بثلاثة بروتونات هي ذرة لثيوم، وإلى ما هنالك على المقياس. وفي كل مرة تضيف بروتوناً تحصل على عنصر. (لأن عدد البروتونات في ذرة يتوازن دوماً بعدد مساوٍ من الإلكترونات، سترون أحياناً أنه مكتوب أن عدد الإلكترونات هو الذي يحدد عنصراً؛ وهذا يعني الشيء نفسه. إن الطريقة التي شُرح بها الأمر لي هو أن البروتونات تمنح الذرة هويّتها، أما الإلكترونات فتمنحها شخصيتها).

لا تؤثر النيوترونات على هوية الذرة، ولكنها تضيف إلى كتلتها. فعدد النيوترونات هو عادة مساوٍ لعدد البروتونات، ولكنه يمكن أن يتنوع زيادة أو نقصاً بنحو ضئيل. أضيفوا أو أنقصوا نيوتروناً أو اثنين وتحصلون على نظير. إن المصطلحات التي تسمعون بها تشير إلى تقنيات التأريخ في الأركيولوجيا تشير إلى النظائر كربون 14 على سبيل المثال، التي هي ذرة من الكربون بستة بروتونات وثماني نيوترونات (و14 هو حاصل جمع الاثنين).

تحتل النيوترونات والبروتونات نواة الذرة. ونواة الذرة صغيرة جداً لا تشكل إلا جزءاً من مليون من بليون من الحجم الكلي لذرة، ولكنها كثيفة بنحو يفوق التصور، بما أنها تحتوي في الواقع على كتلة الذرة كلها. وكما عبّر كروبر عن الأمر، إذا ما تم توسيع الذرة إلى حجم كاتدرائية، فإن النواة لن تكون إلا بحجم ذبابة ولكنها ذبابة أثقل بآلاف المرات من الكاتدرائية. كان هذا الاتساع هذا الفراغ الباهر غير المتوقع هو الذي جعل رزرفورد يحك رأسه في 1910.

لا يزال من المذهل أن نفكّر في أن الذرات فضاء فارغ تقريباً، وفي أن الصلابة التي نجرّبها في كل مكان حولنا وهم. فحين يجتمع شيئان في العالم الواقعي غالباً ما تُستخدم كرات البلياردو بوصفها مثالاً للتوضيح، فإنهما في الحقيقة لا

يصطدمــان. بل كمــا يشرح تيموثي فيريس: «إن الحقــول المشحونة سلبياً للكرتين تدفع بعضها... ولولا شحناتها الكهربائية فإنها تستطيع -على غرار المجرّات- أن تمر عبر بعضها دون أن تصاب بأذى». وحين تجلس على كرسي، فأنت في الحقيقة لا تجلس عليه، وإنما ترتفع فوقه بارتفاع أنغستروم (جزء من مئة مليون جزء من السنتيمتر)، فإلكتروناتك وإلكتروناته معارضة بشكل عنيد لأي علاقة حميمية.

إن الصــورة التــي يتخيّلهــا الجميــع عن الذرة هــي إلكترون أو اثنــان يطيران حــول نواة، كالكواكب التي تدور حول الشمس. ابتكرت الصورة في 1904، وكانت مستنــدة إلى أكثر من تخمين قــام به عالم فيزياء ياباني يُدعــى هانتارو ناجوكا. إنهــا صورة مغلوطة، ولكنها استمرت طويلاً. وكما أحب إسحاق أسيموف أن ينبه: «لقــد ألهمــت أجيالاً من كتاب قصصــ الخيال العلمي لإبــداع قصص عن عوالم داخــل عوالم، تصبح فيها الذرات منظومات شمسيــة صغيرة مسكونة أو يتبين أن منظوماتنــا الشمسيــة ذرة في خطط أكثر ضخامــة». وتستخدم الهيئــة الأوروبية للأبحــاث النووية حتى الآن صورة ناجوكا شعاراً علــى موقعها على الإنترنت. وفي الحقيقــة -وكمــا أدرك علمــاء الفيزياء حــالاً- إن الإلكترونات ليســت كالكواكب الدائــرة مطلقــاً، ولكنها تشبه أكثر شفــرات المراوح الدائرة، وتمــلأ كل جزء من الفــراغ في مداراتهــا بنحو متزامن (ولكن بفرق حاسم هــو أن شفرات المراوح قد تبدو كأنها في كل مكان في الوقت نفسه؛ أما الإلكترونات فلا).

مــن المفيد القول: إن كثيراً من هذا فُهم في 1910 أو في كثير من السنوات التي أعقبت ذلك. لقد طرح اكتشاف رزرفورد مشكلات فورية ضخمة، ومنها أنه يجب ألا يكون أي إلكترون قادراً على الدوران حول نواة دون أن يتحطم. فبحسب نظرية الديناميــكا الحراريــة التقليدية إن إلكتروناً طائراً يجــب أن تنتهي طاقته بسرعة كبــيرة في لحظــة، أو ما يقارب ذلك ويتجــه لولبياً إلى النواة مسببــاً نتائج كارثية للاثنين. كان هنــاك أيضاً مشكلةٌ هي كيف تستطيع البروتونات، بشحنــاتها الموجبة، أن تجتمع سوية داخل النواة دون أن تفجّر نفسها وبقية الذرة. ومن الواضح أن ما

يحدث في عالم ما هو متناهي الصغر ليس محكوماً بالقوانين، التي تُطبق في عالم ما هو كبير كما نتوقع.

وعندما بدأ علماء الفيزياء يغوصون في هذا الحقل الـذُري، أدركوا أنه لم يكن مختلفاً عن أي شيء نعرفه فحسب، بل مختلف عن أي شيء سبق وتم تصوره. وقد قال رتشارد فينمان مرة: «لأن السلوك الـذري مختلف عن التجربة العادية، من الصعب جداً أن نعتاد عليه ويبدو فريداً وغامضاً للجميع؛ لعالم الفيزياء المبتدئ وللمجرّب في آن واحد». حين قام فينمان بهذا التعليق، كان علماء الفيزياء قد استغرقوا نصف قرن للتكيّف مع غرابة السلوك الذري. وهكذا فكّروا كيف كان شعور رزرفورد وزملائه في العقد الأول من القرن العشرين حين كان كل هذا جديداً تماماً.

كان أحد الأشخاص الذين يعملون مع رزرفورد شاباً رقيقاً ودمثاً من الدانمرك يُدعى نيلز بوهر Niels Bohr. في 1913، وفيما كان يفكر في بنية الذرة، خطرت لبوهر فكرة مثيرة بحيث أجّل شهر عسله؛ كي يكتب ما صار بحثاً وعدَّ نقطة تحوّل.

ولأن علماء الفيزياء لم يستطيعوا رؤية أي شيء بصغر الذرة، اضطروا إلى محاولة استنتاج بنيتها من سلوكها حين يفعلون أشياء بها، كما فعل رزرفورد حين أطلق جزيئات ألفا على لوح معدني. أحياناً -وبنحو غير مفاجئ- كانت نتائج هذه التجارب محيّرة. وكان أحد الألغاز الذي خيم لوقت طويل يتعلق بالقراءات الطيفية للأطوال الموجية للهيدروجين. وقد أنتجت هذه نماذج تُظهر أن ذرات الهيدروجين انبعثت منها طاقة في أطوال موجية معيّنة، ولكن ليس في أخرى. بدا الأمر وكأن شخصاً خاضعاً للمراقبة واصل الظهور في أمكنة معيّنة ولكنه لم يُر أبداً يتنقل بينها. لم يستطع أحد أن يفهم لماذا يحدث هذا.

وفي أثناء التفكير المحيّر بهذه المشكلة صُعق بوهر حين وصل إلى حل، وأنتج بحثه المشهور الذي دعي «في بنى الذرات والجزيئات»، الذي شرح «كيف تحمي

الإلكترونات نفسها من السقوط في النواة» مقترحاً أنها تحتل مدارات محددة جيداً فحسب. وبحسب النظرية الجديدة، إن إلكتروناً يتحرّك بين المدارات سيختفي من واحد ويظهر في آخر على الفور دون أن يزور الفراغ الذي بينهما. إن هذه الفكرة الوثبة الكمية الشهيرة هي بالطبع غريبة جداً، ولو أنها لم تكن صحيحة لكان هذا أفضل. لم تمنع الإلكترونات من السقوط اللولبي بنحو كارثي في النواة فحسب، وإنما شرحت أيضاً الأطوال الموجية المحيّرة للهيدروجين. لقد ظهرت الإلكترونات في مدارات معيّنة فحسب؛ لأنها وُجدت فقط في مدارات معيّنة. كان هذا اكتشافاً صاعقاً أدى إلى منح بوهر جائزة نوبل في الفيزياء في 1922، بعد عام من حصول آينشتاين على الجائزة.

في غضون ذلك، ابتكر رزرفورد الذي لا يكلّ، الذي عاد الآن إلى كمبريدج؛ كي يخلف ج.ج.طومسون؛ ليكون رئيساً لمخبر كافندش، نموذجاً يشرح لماذا لا تنفجر النواة. فقد رأى أن الشحنة الإيجابية للبروتونات يجب أن تكون فرعاً من نمط معين من الجزيئات المعطِّلة، التي دعاها بالنيوترونات. كانت الفكرة بسيطة ومغرية، ولكن لم يكن من السهل إثباتها. وخصّص معاون رزرفورد -جيمس تشادويك- أحد عشر عاماً من العمل المكثّف في البحث عن النيوترونات إلى أن نجح في النهاية في عام 1932. مُنح هو أيضاً جائزة نوبل في الفيزياء في عام 1935. وكما يشير بورس وزملاؤه في كتابهم الذي يؤرخ للموضوع، كان التأخر في الاكتشاف شيئاً جيداً جداً على الأرجح، بما أن التحكم بالنيوترون كان جوهرياً لتطوير القنبلة الذرية. (لأن النيوترونات لا تمتلك شحنة، فإن الحقول الكهربائية التي في قلب الذرة لا تصدّها وهكذا يمكن أن تُطلق كطوربيدات صغيرة إلى نواة ذرية، مطلقة العملية التدميرية المعروفة باسم الانشطار). وقالوا: إنه لو تم عزل النيوترون في العشرينيات، «لكانت القنبلة الذرية قد طُوّرت أولاً في أوروبة، على يد الألمان دون شك».

وكما حدث، حاول الأوروبيون جاهدين فهم السلوك الغريب للإلكترون. وكانت المشكلة الرئيسة التي واجهوها هي: إن الإلكترون كان يتصرف أحياناً مثل جزيء وأحياناً مثل موجة. دفعت هذه الثنائية المنافية للعقل علماء الفيزياء إلى الجنون تقريباً. وفي العقد اللاحق، وفي أنحاء أوروبة كلها، فكّروا بجنون، وكتبوا، وقدموا فرضيات متنافسة. ففي فرنسة، اكتشف الأمير لويس فكتور دي بروغلي Louis Victor de Broglie –سليل أسرة من الدوقات– أن بعض الشذوذات في سلوك الإلكترونات تختفي حين ينظر إليها المرء بوصفها موجات. أثارت هذه الملاحظة انتباه النمساوي إرفن شرودنغر Erwin Schrodinger، الذي قام ببعض عمليات الصقل الرائعة وابتكر منهجاً ملائماً يُدعى الميكانيكا الموجيّة. وفي الوقت نفسه تقريباً، ابتكر عالم الفيزياء الألماني فيرنر هايزنبرغ Werner Heisenberg نظرية منافسة تدعى matrix mechanics. كانت معقدة منهجياً، بحيث لم يستطع فهمها أي شخص، حتى هايزنبرغ نفسه (لا أعرف حتى ما هي matrix)، هذا ما قاله هايزنبرغ يائساً لصديق)، ولكن بدا كأنها تحلّ مشكلات معيّنة فشلت في شرحها موجات شرودنغر.

كانت النتيجة أن الفيزياء اشتملت على نظريتين، تستندان إلى فرضيتين متصارعتين، أنتجتا النتيجة نفسها. كان موقفاً محيّراً.

وأخيراً في عام 1922، وصل هايزنبرغ إلى التسوية المحتفى بها، منتجاً نظاماً جديداً عُرف باسم ميكانيكا الكم. في قلبها كان هناك مبدأ هايزنبرغ الذي يُدعى مبدأ اللايقين، الذي يقر أن الإلكترون جزيء ولكنه جزيء يمكن أن يوصف من زاوية الموجات. إن اللايقين الذي بُنيت حوله النظرية هو أننا نستطيع معرفة الممر الذي يسلكه إلكترون وهو يتحرك عبر فضاء، أو نستطيع أن نعرف أين هو في لحظة مفترضة، ولكننا لا نستطيع معرفة كليهما(*) . إن أي محاولة لقياس واحد

(*) هناك قليل من عدم اليقين حيال استخدام كلمة الشك بخصوص مبدأ هايزنبرغ. فقد قال مايكل فرايان –في مقدمة لاحقة لمسرحيته كوبنهاجن–: إن عدة كلمات في الألمانية استُخدمت من قبل المترجمين، ولكنهم لم يعثروا على كلمة تعادل كلمة عدم اليقين. ويقترح فرايان أن اللاتحديدية ستكون كلمة أفضل للمبدأ. أما هايزنبرغ، فقد استخدم كلمة عدم اليقين.

ستزعـج الآخـر بشكل لا يمكن تجنّبه. ليست هذه مسألـة الحاجة إلى أدوات أكثر دقة؛ إنها صفة ثابتة للكون.

مـا يعنيـه هذا عملياً هـو أنك لا تستطيـع أن تتنبأ أبداً أين سيكـون الإلكترون في أي لحظـة مفترضة. تستطيع أن تسجّـل احتمال كونه هناك فحسب. بمعنى ما -وكمـا عبّر دينس أوفرباي عن الأمر- إن الإلكترون لا يوجد إلى أن يُرصد. أو إذا عبّرنـا عن الأمر بنحو مختلـف قليلاً، إن الإلكترون يجب أن يُعـدّ على أنه «في كل مكان وليس في أي مكان» إلى أن يُرصد.

إذا بـدا هـذا مشوّشاً، يمكـن أن تريحكم قليلاً معرفة أنـه كان مشوّشاً لعلماء الفيزيـاء، أيضاً. وقال أوفرباي: «قال بوهر مرة: إن الشخص الذي لا يغضب لدى سماعه للمرة الأولى بنظرية الكم فهو لم يفهم ما قيل». وحين سُئل هايزنبرغ كيف يمكن أن يتصور المرء ذرة، أجاب: «لا تحاول».

وهكذا تبيّن أن الذرة مختلفة عن الصورة التي كانت سائدة لدى معظم البشر. فالإلكـترون لا يحلّق حول النواة كما يدور كوكب حول الشمس، ولكن بدلاً من ذلك يأخـذ الشكل غير المحدد لغيمة. إن «صدفة» الـذرة ليست علبة صلبة مشعة -كما تشجّعنـا الرسوم أحياناً على الافتراض- وإنما الجـزء الأقصى من هذه السحب الإلكترونيـة غـير الواضحة. إن الغيمة نفسها هي جوهريـاً منطقة من الاحتمالية الإحصائيـة فكما حسـب، تحدّد المنطقة التـي وراءها يضل الإلكـترون في أحيان نـادرة جداً. هكذا، إن الذرة -إذا استطعتم رؤيتها- تبدو ككرة تنس غامضة جداً أكـثر مما تبدو ككرة معدنيـة حادّة الحواف (ولكنها لا تشبه أيّـاً منهما كثيراً، أو -في الواقـع- لا تشبه أي شيء سبق ورأيتمـوه؛ فنحن -في النهاية- نتعامل هنا مع عالم مختلف جداً عن الذي نراه حولنا).

يبـدو كأنه لا يوجد نهايـة للغرابة. للمرة الأولى -كما عـبر جيمس تريفيل عن الأمـر- واجه العلماء «منطقـة في الكون ليست أدمغتنا مجهـزة لفهمها». أو، كما عـبّر فينمان: «إن الأشياء على ميزان صغير تتصـرف بشكل مختلف عن الأشياء علـى ميزان كبير». وكلما غاص علماء الفيزياء إلـى أعمق، أدركوا أنهم يكتشفون

عالماً لا تستطيع فيه الإلكترونات أن تقفز من مدار إلى آخر دون أن تسافر عبر أي فضاء فاصل فحسب، بل حيث تستطيع المادة أيضاً أن تقفز إلى الوجود من العدم تماماً، «مفترضين» -بكلمات آلن لايتمان في معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا- «أنها تختفي تماماً بسرعة كافية».

ربما ما هو أكثر سحراً في اللا احتماليات الكوانتية هو الفكرة، التي نشأت من مبدأ العزل الذي وضعه ولفانغ بولي في 1925، الذي يقول: إن أزواجاً معيّنة من الجزيئات الدُوذرية، حتى حين تُفصل بالمسافات الأكثر اعتباراً، يستطيع كل منها أن «يعرف» على الفور ما الذي يفعله الآخر. تمتلك الجزيئات صفة تُعرف باسم الدوران، وبحسب النظرية الكمية، في اللحظة التي تحدد فيها دوران جزيء، فإن شقيقه -مهما كان بعيداً- سيبدأ على الفور بالدوران في الجهة المعاكسة وبالسرعة نفسها.

يبدو الأمر، كما عبّر الكاتب العلمي لورنس جوزف - «كأنه لديك كرتا بليارد، واحدة في أوهايو والأخرى في فيجي، وأنه في اللحظة التي تضرب فيها واحدة وتجعلها تدور فإن الأخرى ستدور على الفور في اتجاه معاكس بالسرعة نفسها تماماً». وعلى نحو لافت للنظر، بُرهنت الظاهرة في 1997 حين أرسل علماء الفيزياء في جامعة جنيف الفوتونات سبعة أميال في جهة معاكسة، وبيّنوا أن التدخل في واحد أثار استجابة فورية في آخر.

وصلت الأمور إلى درجة أنّه في أحد المؤتمرات قال بوهر عن النظرية الجديدة: إن المسألة ليست إن كانت جنونية، وإنما إن كانت مجنونة بما يكفي. ولإيضاح الطبيعة غير الحدسية للعالم الكوانتي، قام شرودنغر بتجربة نظرية مشهورة توضع بمقتضاها قطة افتراضية في علبة، مع ذرة واحدة من مادة إشعاعية مربوطة بقارورة من حمض الهايدروسيانيك. إذا انحلّت الذرة في غضون ساعة، فإنها ستطلق آلية ستكسر القارورة وتسمم القطة. إذا لم تنحلّ، فستعيش القطة. ولكننا لا نستطيع أن نعرف أي حالة ستسود، وهكذا لم يكن هناك خيار، (علمياً)

سـوى أن نعدّ القطـة 100% حيـة و100% ميتة في الوقت نفسه. هـذا يعني، كما قـال ستيفن هوكينغ بلمسة مـن الإثارة القابلة للفهم: «إن المـرء لا يستطيع التنبؤ بالحـوادث المستقبليـة بدقـة إذا كان لا يستطيـع قياس الحالة الحاضـرة للكون بدقة!».



الفصل العاشر

التخلص من الرصاص

في أواخـر الأربعينيـات، كان طالـب متخرج مـن جامعة شيكاغـو يُدعى كلير باترسون الذي كان -على الرغم من من الاسم الأول- فتى مزرعة في آيوا يستخدم منهجـاً جديـداً، وهو قياس نظـير الرصاص للحصول على عمـر محدد للأرض. لسـوء الحظ، كانت جميع عيّناتـه الصخرية ملوّثة جداً. كان معظمها يحتوي على كمية من الرصاص أكبر بـ 200 مرة من مستويات الرصاص المتوقعة عادة. ستمر أعـوام كثـيرة قبل أن يـدرك باترسون أن سبـب هذا هو مخترع مـن أوهايو مثير للأسى يدعى توماس ميدجلي، الابن.

كان ميدجلـي مهندسـاً مدرّباً وما من شك أن العـالم كان سيظلّ أكثر أماناً لو بقـي هكذا. بدلاً من ذلك، طـوّر اهتماماً في التطبيقـات الصناعية للكيمياء. وفي 1921، وبينمـا كان يعمل لدى شركات جنرال موتورز للأبحاث في دايتون بأوهايو، استقصى مركّباً يُدعى رباعيّ أثيل الرصاص (الذي يُدعى أيضاً بنحو مشوش ليد أثيل)، واكتشف أنه خفّض بنحو كبير الوضع الاهتزازي الذي يعرف بخبط الآلة.

وبالرغـم مـن أنه من المعروف على نحو واسع بـأن الرصاص سام، إلا أنه كان موجـوداً في كل المنتجات الاستهلاكية في الأعوام الأولى للقرن العشرين. فقد جاء الطعـام في علب مختومة بلِحام رصاصـي. وكان الماء يُخزن في الغالب في حاويات مخططـة بالرصاص. وكان زرنيخ الرصاص يرشـ على الفواكه على أنه مبيدات. وكان الرصاص أيضاً جزءاً من مركّب معجون الأسنان. نادراً ما كان هناك منتج لم يُدخـل قليـلٌ من الرصاص إلـى حياة المستهلكين. على أي حـال، لا شيء منحه حميمية أكبر أو أكثر استمراراً من إضافته إلى وقود المحرك.

إن الرصاص هـو السُمِّين العصبـي(*). إذا استنشقت كمية كبـيرة منه فإنه يُعطـب الدماغ والجهـاز العصبي المركـزي. ومن بين الأعراض الكثيرة الناجمة

(*) مادة بروتينية سامة توهن نشاط الجهاز العصبي. المترجم.

عن التعرض المفرط له فقدان البصر والطرش والسرطان والشلل الارتجافي والتشنجات. و ينتج في شكله الأكثر مكراً هلوسات متقطعة ومروعة، ومزعجة للضحايا وللمشاهدين على حد سواء، تؤدي في النهاية إلى الكوما والوفاة. وفي الحقيقة لستم بحاجة إلى إدخال كثير من الرصاص في جهازكم.

من ناحية أخرى، من السهل استخراج الرصاص والعمل عليه، وهو مربح على مستوى الإنتاج الصناعي. فقد أوقف رباعي أثيل الرصاص المحركات عن الخبط. وهكذا في 1923 قامت ثلاث من أكبر شركات أمريكة وهي جنرال موتورز ودو بونت وستراند أويل من نيوجرسي بإطلاق مشروع مشترك دُعي شركة غاز الأثيل (اختصر فيما بعد إلى شركة الأثيل) من أجل صناعة ما يريد العالم شراءه من رباعي أثيل؛ الرصاص، وبرهن أن هذا كمية كبيرة. دَعتْ الشركات مادتها المضافة باسم الأثيل لأنه بدا أكثر وداً وأقل سمية من «الرصاص» وأدخلتها إلى الاستهلاك العام (بطرق لا يعرفها معظم الناس) في 1 شباط 1923.

حين بدأ العمال الذين ينتجون المادة يترنحون في سيرهم وتبدو عليهم علامات الاضطراب التي تشير إلى التسمم، اتبعت شركة الأثيل سياسة من الإنكار الهادئ وغير المستسلم خدمتها جيداً لعقود. وكما تقول شارون بيرتش مجرين في كتابها الذي يؤرخ بشكل جيد للكيمياء الصناعية، البروميثيوسيون في المخابر، حين بدت علامات الاضطراب على العمال في المصنع، أخبر ناطق الصحفيين بلطف: «ربما فقد هؤلاء الرجال عقولهم؛ لأنهم عملوا بكدّ كبير». تُوفيّ على الأقل خمسة عشر عاملاً في الأيام الأولى من إنتاج البنزين المرصّص، وصارت أعداد غير معلنة من العمال مريضة؛ لأن الشركة استطاعت أن تمنع في معظم الأحيان تسرّب الأنباء المربكة عن حالات الوفاة والتسمم. وكان منع نشر الأنباء مستحيلاً أحياناً كما حدث في 1924 -ففي غضون أيام- توفي خمسة من عمال الإنتاج وفقد ثلاثون آخرون عقولهم، وعُزلوا في مشفى ذي تهوية سيئة.

حين انتشرت الشائعات عن أخطار المُنتَج الجديد، قرر مخترع الأثيل الشديد الحماسة، توماس ميدجلي أن يقدم شرحاً للصحفيين؛ كي يخفف من قلقهم.

وبينمـا كان يتحدث عن التزام الشركة بالأمان، سكب رباعي أثيل الرصاص على يديه، ثم قرّب إناء منه إلى أنفه لمدة ستين ثانية، زاعماً طول الوقت أنه يستطيع أن يكرر هـذا يومياً دون أذى. والواقع أن ميدجلي كان يعرف جيداً مخاطر الرصاص السميّة: فقد أصيب بمرض خطر ناجم عن التعرض له قبل بضعة أشهر، ومنذ ذلك الوقت لم يقترب أبداً من المادة إلا كي يتحدث عنها للصحفيين في هذه المناسبة.

متحمسـاً مـن نجـاح البنزيـن المرصّص، التفـت ميدجلـي الآن إلـى مشكلة تكنولوجيـة أخـرى خاصة بالعصر. كانت الـبرادات في العشرينيات خطرة بشكل مرعـب؛ لأنها كانت تستخدم غازات غادرة وقاتلة كانت تتسرّب منها أحياناً. فقد حـدث تسـرّب من برّاد في مستشفى بأوهايو، عـام 1929، أدى إلى مقتل أكثر من مئـة شخـص. فانطلق ميدجلـي كي ينشئ غـازاً مستقراً، وغير قابـل للاشتعال، وغـير مزعج ومن الآمـن استنشاقه. كان يمتلك ميلاً إلـى الأمور المؤذية، واخترع كربـون الكلوروفلور chlorofluorocarbons أو CFCs. ولسوء الحظ نادراً ما كان هنـاك منتج صناعي تم تبنيه بهذه السرعة. ودخل هـذا الكربون الإنتاج في بداية الثلاثينيـات، وعـثر على ألـف استخدام في كل شـيء من مكيّفـات السيارات إلى مزيـلات التعرق قبل أن يتم الانتباه إليه، بعد نصـف قرن - بأنه كان يقضي على الأوزون في الستراتوسفير. وكما سترى، لم يكن هذا شيئاً جيداً.

إن الأوزون هـو نـوع مـن الأوكسجـين يحمـل فيـه كل جزيء ثـلاث ذرات من الأوكسجين بدلاً من الاثنتين العاديتين. إنه يشكل غرابة كيماوية في أنه على مستوى الأرض يعدّ ملوّثاً، بينما في الأعلى -في الستراتوسفير- يعدّ مفيداً بما أنه يمتص الأشعـة ما وراء البنفسجية الخطرة. ولكن الأوزون المفيـد ليس وافراً. فإذا ما تم إزعاجه بشكل مستمر في الستراتوسفير، فإنه سيشكل طبقة بسماكة 2 ميليمتر أو ما يقارب ذلك. لهذا السبب يتم إزعاجه بسهولة.

إن كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons غير متوافر بكثرة، وهو لا يشكل إلا جـزءاً واحـداً من كل بليون من الغلاف الجـوي ككل، ولكنه مدمر بشكل كبير.

إن كيلوغراماً منه يمكن أن يقضي على سبعين ألف كيلوغرام من أوزون الغلاف الجوي. ويبقى وقتاً طويلاً نحو قرن مخرّباً. إنه إسفنجات حرارية كبيرة. إن جزيئاً واحداً منه أكثر فاعلية بعشرة آلاف مرة من جزيء من ثاني أكسيد الكربون في مفاقمة أثر المخضرة الدفينة(*) . أما ثاني أكسيد الكربون فليس كسولاً بوصفه غاز مخضرة. باختصار إن كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons أسوأ اختراع في القرن العشرين.

لم يعرف ميدجلي هذا أبداً؛ لأنه توفي قبل وقت طويل من إدراك أي شخص كم هذا الكربون مدمّر. وكان موته حادثة غير عادية لا تُنسى. بعد أن أصيب بالشلل (البوليو)، اخترع ميدجلي أداة غريبة تشتمل على سلسلة من البكرات ذات المحركات التي تجعله ينهض أو يتقلب آلياً في الفراش. وفي 1944 علق في الحبال حين تم تشغيل الآلة وخُنق.

* * *

إذا كنتم مهتمين بمعرفة أعمار الأشياء، فإن جامعة شيكاغو كانت المكان الأمثل لذلك في الأربعينيات. كان ويلارد ليبي يبتكر تقنية التأريخ بالكربون(**)، التي ساعدت العلماء على القيام بقراءة صحيحة لعمر العظام وبقايا عضوية أخرى، وكان هذا شيئاً لم يكونوا قادرين على فعله من قبل. وحتى هذا الوقت، كانت التواريخ الموثوقة لا تعود إلى الوراء إلى أكثر من السلالة الأولى في مصر نحو 3000 قبل الميلاد. لم يستطع أحد أن يقول بثقة، (مثلاً) متى تراجعت أكسية الجليد أو في أي وقت في الماضي زيّن الكرومنيون كهوف لاسكو في فرنسة.

(*) أثر غلاف الأرض الجوي في الاحتفاظ بحرارة الشمس، وقد أطلق عليه هذا الاسم تشبيهاً له بمفعول المخضرة أو الدفيئة في النباتات. المترجم.

(**) تحديد أعمار المواد العتيقة، وخصوصاً العيّنات الآثارية التي ترقى إلى ما قبل التاريخ، وذلك من طريق قياس النشاط الإشعاعي الذي يبديه الكربون 14 المتضمن في تلك المواد. المترجم.

كانت فكرة ليبي مفيدة، بحيث مُنح جائزة نوبل من أجلها في 1960. وتقول: إن جميع الأشياء الحية تحتوي في داخلها على نظير كربوني يدعى كربون14 (*)، الذي يبدأ بالتآكل في نسبة قابلة للقياس لحظة موته. يمتلك الكربون 14 نصف حياة، أي الوقت الذي يستغرقه نصف أي عينة كي يختفي تبلغ نحو 5,600 سنة، وهكذا عبر استنتاج كمية التآكل في عيّنة مفترضة من الكربون استطاع ليبي أن يصل إلى فكرة جيدة حول عمر الشيء، بالرغم من أنه إلى حد ما فحسب. فبعد ثمانية أنصاف حياة، لا يبقى إلا 0.39 من الكربون الإشعاعي الأصلي، وهذا قليل جداً للقيام بقياس موثوق، وهكذا فإن الكربون الإشعاعي يؤرخ فقط أشياء يصل عمرها إلى أربعين ألف عام أو ما يقارب ذلك.

ما أثار الشكوك هو أنه فيما كانت التقنية تنتشر على نطاق واسع، ظهرت فيها عيوب جلية. فقد اكتُشف أن أحد المكوّنات الأساسية لصيغة ليبي؛ المعروف باسم ثابت التآكل، كان مخطئاً بنحو 3% على أي حال، كانت قد تمت آلاف القياسات في أنحاء العالم. وبدلاً من إعادة تحديد كل واحدة، قرر العلماء الحفاظ على الثابت غير الصحيح. وقال تيم فلانيري: «هكذا، إن كل تأريخ إشعاعي خام تقرؤه اليوم قُدّم على أنه أقل بنحو 3%». لم تتوقف المشكلات هنا. فقد اكتُشف بسرعة أيضاً أن عيّنات الكربون 14 يمكن أن تُلوّث بالكربون من مصادر أخرى: قطعة من الخضراوات، مثلاً، جُمعت مع العيّنة ولم يُلاحظ وجودها. ومن العينات الأصغر تلك التي تحت العشرين ألف سنة أو ما يقارب ذلك، لا يهم التلوث قليلاً في غالب الأحيان، ولكنه يمكن أن يكون مشكلة جدية للعيّنات الأكبر سناً؛ لأن قلة من الذرات الباقية تُحسب. في المثال الأول، إذا استعرنا كلام فلانيري، إن الأمر على غرار الخطأ في دولار في أثناء عد ألف؛ وفي المثال الثاني إنه أكثر من خطأ في دولار حين يكون لديك فقط دولاران كي تعدهما.

(*) نظير للكربون ثقيل، إشعاعي النشاط، رقمه الكتلي 14، يُستخدم في تحديد الأعمار العتيقة. المترجم.

استند منهج ليبي أيضاً إلى افتراض أن كمية الكربون 14 في الغلاف الجوي، والسرعة التي تمتصه بها الأشياء الحية، كانت متواصلة في أثناء التاريخ. والواقع أنها لم تكن كذلك. ونعرف الآن أن كمية الكربون 14 في الغلاف الجوي تتنوع بحسب إذا كانت مغناطيسية الأرض تحرف جيداً أم لا الأشعة الكونية، وأنها يمكن أن تتنوع بشكل مهم مع مرور الوقت. هذا يعني أن بعض تواريخ الكربون هي أكثر التباساً من الأخرى. وبين الأكثر التباساً هي تواريخ عن الوقت الذي جاء فيه الناس في البداية إلى الأمريكيتين، وهذا أحد أسباب بقاء المسألة قيد الجدل بنحو دائم.

أخيراً -وربما بنحو غير متوقع قليلاً- يمكن أن تخطئ القراءات بسبب عوامل خارجية تبدو غير ذات صلة، مثل حميات أولئك الذين اختبرت عظامهم. وشملت حالة أخيرة الجدل الذي استمر طويلاً حول إن كان السفلس نشأ في العالم القديم أم في الجديد. فقد اكتشف علماء الآثار في (هل) أن الرهبان في مقبرة أبرشية عانوا من السفلس، ولكن الاستنتاج الأولي بأن الرهبان قد عانوا من ذلك قبل رحلة كولمبوس شُكك به عبر إدراك أنهم أكلوا كثيراً من الأسماك، مما يجعل عظامهم تبدو أكبر سناً مما هي عليه في واقع الأمر. يمكن أن يكون الرهبان قد أصيبوا بالسفلس، غير أنه لم يُعرف كيف انتقل.

وبسبب العيوب المتراكمة للكربون 14، اخترع العلماء طرقاً أخرى في تأريخ المواد العتيقة، وبينها التألّق الحراري، الذي يقيس الإلكترونات العالقة في الطين، والرنين الدوراني للإلكترون، والذي يشمل قصف عيّنة بموجات كهرومغناطيسية وقياس اهتزازات الإلكترونات. ولكن لم يستطع حتى أفضل هذه الطرق أن يحدد عمر أي شيء أكبر من مئتي ألف عام، ولم يستطع تأريخ المواد غير العضوية كالصخور مطلقاً، وهذا بالطبع ما تحتاجون إليه إذا كنتم راغبين بتحديد عمر كوكبكم.

وبسبب هذا النوع من مشكلات تحديد عمر الصخور تخلى الجميع في أنحاء العالم كلها عن هذه الطرق. ولولا أستاذ إنكليزي مصمّم يُدعى آرثر هولمز، لنُسي الأمر تماماً.

كان هولمز بطلاً في تجاوزه للعقبات كما في النتائج التي حققها. وفي العشرينيات، حين كان في أوج عمله، انزلقت الجيولوجيا خارج الموضة وتراجع تمويلها كثيراً -ولا سيما في بريطانية - مسقط رأسها الروحي. وكان هولمز قسم الجيولوجيا برمته في جامعة دورمهم لسنوات كثيرة. وكان غالباً ما يضطر إلى استعارة أو جمع الأجهزة سوية؛ كي يقوم بتأريخه الإشعاعي للصخور. وفي نقطة ما، تم تأجيل حساباته لمدة سنة وهو ينتظر الجامعة كي تزوده بآلة جمع بسيطة. وبين الفينة والأخرى، كان عليه الخروج من الحياة الأكاديمية من أجل أن يكسب ما يكفي؛ كي يعيل أسرته. أدار حانوتاً للتحف في نيوكاسل بعيداً عن تاين، ومرة لم يكن بوسعه تأمين خمسة جنيهات وهي أجر العضوية السنوي في الجمعية الجيولوجية.

كانت التقنية التي استخدمها هولمز في عمله صحيحةً نظرياً ونشأت مباشرةً من عملية رصدها في البداية إرنست رزرفورد عام 1904 التي تقول: إن بعض الذرات في عنصر ما تنحل في عنصر آخر بسرعة قابلة للتنبؤ تمكّن من استخدامها على أنها ساعات. إذا عرفتم كم يستغرق البوتاسيوم 40 كي يصبح أرغون 40، وقستم كميات كل منهما في عيّنة، تستطيعون استنتاج عمر المادة. كان إسهام هولمز هو حساب عمر الصخور، وهكذا كما كان يأمل عمر الأرض.

ولكن كان هناك كثير من الصعوبات التقنية التي ينبغي التغلب عليها. وكان هولمز يحتاج أيضاً، أو ربما على الأقل كان واعياً جداً لذلك إلى آلات ميكانيكية معقدة من نوع يمكّنه من القيام بقياسات رائعة لعينات بالغة الصغر، وكما رأينا، كان كل ما استطاع فعله هو الحصول على آلة جمع بسيطة. وهكذا كان الأمر إنجازاً حين كان قادراً في 1946 على الإعلان ببعض الثقة أن عمر الأرض هو على الأقل ثلاثة بلايين عام وربما أكثر. ولسوء الحظ، واجه عائقاً آخر لا يُقهر في وجه القبول: النزعة المحافظة لدى زملائه العلماء. فبالرغم من أنهم مدحوا منهجيته، أكّد كثيرون أنه لم يكتشف عمر الأرض، وإنما عمر المواد التي شُكّلتْ منها الأرض.

في هذا الوقت تماماً طوّر هاريسون براون من جامعة شيكاغو منهجاً جديداً في إحصاء نظائر الرصاص في الصخور البركانية (أي تلك التي نشأت من خلال التسخين، بوصفها نقيضاً لتلك الرسوبية). وحين أدرك أن العمل سيكون مملاً جداً أوكله إلى الشاب كلير باترسون؛ ليكون مشروعاً للدكتوراه. ومن المعروف أنه وعد باترسون بأن تحديد عمر الأرض بمنهجه الجديد سيكون «سهلاً». والواقع أنه سيستغرق سنوات.

بدأ باترسون العمل على المشروع في 1948. وبالمقارنة مع إسهامات توماس ميدجلي المتنوّعة في مسيرة التقدم، شُعر أن اكتشاف باترسون لعمر الأرض خطر. عمل لمدة سبع سنوات، أولاً في جامعة شيكاغو ثم في مؤسسة كاليفورنيا للتكنولوجيا (التي انتقل إليها في 1952)، وعمل في مختبر معقّم، قائماً بقياسات دقيقة لنسب الرصاص واليورانيوم في عينات منتقاة بعناية من الصخور القديمة.

كانت المشكلة التي تواجه قياس عمر الأرض أنك تحتاج إلى صخور قديمة جداً تحتوي على كريستال يحمل الرصاص واليورانيوم وقديمة كالكوكب نفسه، وأي شيء أصغر بكثير سيمنحك تواريخ صغيرة مضللة. ولكن الصخور القديمة لا يعثر عليها إلا نادراً. وفي أواخر الأربعينيات لم يفهم أحد سبب هذا. والواقع أننا سندخل في عصر الفضاء قبل أن يتمكّن أحد من أن يفسر بشكل مقنع أين ذهبت صخور الأرض القديمة. (كانت الإجابة هي الألواح التكتونية، التي سنصل إليها بالطبع). في غضون ذلك، تُرك باترسون؛ كي يقوم بالتجارب ويفهم الأمور بمواد محدودة جداً. في النهاية -وبشكل بارع- خطر له أنه يستطيع أن يتحايل على نقص الصخور باستخدام صخور من كواكب أخرى. لجأ إلى الأحجار النيزكية.

كان الافتراض الذي قام به وهو افتراض عظيم، وتبين أنه صحيح هو أن كثيراً من الأحجار النيزكية هي بالأصل بقايا مواد بناء من الأيام الأولى للمنظومة الشمسية، وهكذا نجحت في حفظ كيمياء داخلية بدائية تقريباً. فإذا ما قِيس عمر هذه الأحجار المتجوّلة فإننا سنحصل على عمر الأرض.

غير أن الوصف المبهج شيء، وواقع الأمور شيء آخر. ذلك أن الأحجار النيزكية ليست وافرة والعينات النيزكية ليس من السهل الحصول عليها. فضلاً عن ذلك، برهنت طريقة باترسون في القياس أنها صعبة وتحتاج إلى كثير من الصقل. وقبل كل شيء، كان هناك مشكلة أن عيّنات باترسون كانت تُلّوث باستمرار وبشكل غير قابل للتفسير بجرعات كبيرة من رصاص الغلاف الجوي كلما تعرضت للهواء. هذا ما قاده في النهاية إلى إنشاء مخبر معقّم، وكان هذا أول مخبر من نوعه في العالم، بحسب إحدى الروايات.

استغرق الأمر بالنسبة لباترسون سبع سنوات من العمل الصبور للعثور على عينات مناسبة، وقياسها من أجل الاختبار الأخير. وفي ربيع 1953 أخذ عيّناته إلى مختبر أرغون القومي في إلينيوي، حيث مُنح الوقت لاستخدام آلة مطياف الكتلة الحديثة؛ وهي آلة قادرة على كشف وقياس الكميات القليلة جداً من اليورانيوم والرصاص الموجودة في الكريستال القديم. حين حصل أخيراً على نتائجه، كان باترسون مثاراً جداً، بحيث قاد السيارة مباشرة إلى منزل طفولته في أيوا، وجعل أمه تأخذه إلى مستشفى؛ لأنه اعتقد أنه يتعرض لنوبة قلبية.

بعد ذلك حالاً - وفي اجتماع في وسكنسون - أعلن باترسون عمراً محدداً للأرض هو 4,550 مليون سنة (زائد أو ناقص 70 مليون عام) «وظل هذا الرقم دون تغيير لمدة 50 عاماً»، كما قال مجرين بإعجاب. بعد مئتي عام من المحاولات، صار للأرض عمر أخيراً.

ركز باترسون انتباهه على مسألة الرصاص في الغلاف الجوي. وذُهل حين اكتشف أن قليلاً من المعروف عن تأثيرات الرصاص في البشر كان مغلوطاً أو مضللاً. لم يكن الأمر مفاجئاً، بما أن صنّاع مواد الرصاص المضافة هم الذين قدموا التمويل لجميع دراسات تأثير الرصاص طيلة أربعين عاماً.

وفي إحدى هذه الدراسات، وضع طبيب غير مختص في الأمراض الناجمة عن المواد الكيماوية برنامجاً مدته خمس سنوات، طلب فيه من المتطوعين أن

يستنشقوا أو يبتلعوا الرصاص في كميات كبيرة. ولسوء الحظ، لم يُطرح الرصاص مع الفضلات، وإنما كان يتراكم في العظام والدم، وهذا ما يجعله خطراً، غير أن الطبيب لم يعرف ذلك على ما يبدو، ولم يتم اختبار العظم والدم. بالنتيجة، بُرِّئ الرصاص من التأثيرات الخطرة.

اكتشف باترسون بسرعة أن هناك كثيراً من الرصاص في الجو، بما أن الرصاص لا يتلاشى وأن نحو 90% منه يأتي من عوادم السيارات؛ ولكنه لم يستطع إثبات ذلك. ما كان يحتاج إليه هو طريقة لمقارنة مستويات الرصاص في الجو الآن مع المستويات التي كانت موجودة قبل 1923، حين بدأ رباعي أثيل الرصاص يُنتج تجارياً. وخطر له أن العيّنات الجوفية للجليد يمكن أن تقدم الإجابة.

كان من المعروف أن سقوط الثلج في أمكنة مثل غرينلندا يتراكم في طبقات سنوية منفصلة (لأن اختلافات درجات الحرارة الموسمية يحدث تغيّرات ضئيلة في اللون من الشتاء إلى الصيف). وعبر إحصاء هذه الطبقات وقياس كمية الرصاص في كل منها، يستطيع استنتاج تركز الرصاص في الغلاف الجوي للعالم في أي وقت لمئات أو حتى آلاف السنوات. وصارت الفكرة هي الأساس في دراسات عينات الجليد الجوفية، التي يستند إليها كثير من العمل المناخي الحديث.

ما اكتشفه باترسون هو أنه قبل 1923 لم يكن هناك رصاص في الجو، وأنه منذ ذلك الوقت ارتفعت مستويات الرصاص بنحو ثابت وخطر. فكرس حياته للنضال من أجل تخليص البترول من الرصاص. ومن أجل هذه الغاية، صار ناقداً متواصلاً وصريحاً لصناعة الرصاص ومصالحها.

كانت هذه حملة رهيبة. كانت إيثيل شركة عالمية قوية لها أصدقاء كثيرون في مواقع السلطة. (كان بين مديريها قاضي المحكمة العليا لويس باول وجيلبرت جروسفينور من الجمعية الجغرافية الوطنية). وفجأة اكتشف باترسون أن تمويل البحث سُحب أو صار من الصعب الحصول عليه. وألغت مؤسسة البترول

الأميركيـة عقدَ بحثٍ معـه، كما فعلت خدمة الصحة العامـة الأميركية، وهي كما يُفترض هيئة حكومية محايدة.

وبعـد أن صـار باترسون عبئاً قانونيـاً على مؤسسته، تم الضغـط على أوصياء كالتيـك بنحو متكرر من قبل مسؤولي صناعة الرصاص؛ كي يخرسوه أو يفصلوه. وبحسب جامي لنكولن كتمان، الذي كتب في مجلة نيشن، (يُقال: إن مسؤولي شركة إيثيـل عرضوا تمويل كرسي في كالتيـك «إذا كف باترسون عن إثـارة الموضوع»). كانـوا من السخف بحيث إنّهم أبعدوه عن نـدوة لمجلس البحث القومي مخصصة لبحـث أخطار تسميم الرصاصـ للجو، بالرغم من أنـه كان آنذاك -ودون شك- أبرز خبير أميركي في رصاص الغلاف الجوي.

لم يتراجـع باترسون قيد أنملة وهذا ما منحه جدارة كبرى. وفي النهاية قادت جهوده إلى إدخال قانون نظافة الهواء في 1970، وإلى إزالة كل البنزين المرصص مـن البيع في الولايات المتحـدة في 1986. وتقريباً على الفـور انخفضت مستويات الرصاص في دم الأميركيـين بنسبة 80%. ونظراً لأن الرصاص يستمر إلى الأبد، فـإن الأميركيين الذين يعيشون اليوم يحتوي كل واحد منهم على الرصاص أكثر بـ 625 مـرة من الأشخاص الذين عاشـوا قبل قرن. غير أن كمية الرصاص في الجوّ تواصل نموها -بشكل قانوني- بنحو مئة ألف طن في السنة، ومعظمه من التعدين وصهـر المعـادن والأنشطة الصناعيـة. منعت الولايـات المتحدة أيضـاً الرصاص في الدهـان الداخلـي للمنـازل، «بعد 44 سنة مـن منعه في أوروبة كلهـا»، كما قال مجرين. ومن اللافت، أنه بالرغم من سميّته المذهلة، لم يُزل لِحام الرصاص من علب الطعام الأميركية حتى عام 1993.

أمـا شركـة إيثيل، فـإن قوتها لا تزال تنمـو بالرغم من أن جـي إم وستاندارد أويـل ودو بونـت لم تعد تملك أسهمـاً في الشركة. (باعوا لشركـة تُدعى ألبرمارل بيـبر في 1962). وبحسـب مجرين، في نهايـة شباط 2001 واصلـت إيثيل القول: «إن البحـث فشـل في إظهار أن البنزين المرصّص يشـكل تهديداً للصحة البشرية

أو البيئــة». وعلــى موقعها على الإنترنت، لا يذكر تاريــخ الشركة الرصاص أو حتى توماســ ميدجلي، وإنما يشير ببساطة إلى المنتــج الأصلي على أنه يحتوي «مزيجاً معيناً من المواد الكيماوية».

لم تعد شركة إيثيل تصنع البنزين المرصص، بالرغم من أنه وبحسب تقاريرها لعــام 2001، حقــق رباعي رصاص الأثيــل (أو تي إي إل كما تدعــوه) 25.1 مليون دولار مــن المبيعــات في 2000 (من بين إجمــالي 795 مليون)، وقــد زاد المبلغ عن 24.1 مليون دولار في 1999، ولكنه كان أدنى من 117 مليون دولار في 1998. وقالت الشركة في تقريرها: إنها عازمة على «أن تزيد إلى الحد الأعلى النقد الناجم عن رباعــي أثيل الرصاص بمــا أن استخدامه ينخفض في أنحاء العــالم». تسوّق إيثيل هــذه المــادة في أنحاء العالم جميعها مــن خلال اتفاق مع شركــة أسوشييتد أوكتل ليمتد في بريطانية.

بالنسبــة للبــلاء الآخر الذي تركــه لنا توماســ ميدجلي، كربــون الكلوروفلور chlorofluorocarbons، فإنه حظر في 1974 في الولايات المتحدة، ولكنه شياطين صغــيرة وعنيدة وكل ما أطلق منــه في الجو (في مزيلات التعرق أو مثبتات الشعر، مثــلًا) سيكون موجــوداً بالتأكيد، ويقوم بالتهام الأوزون بعــد أن أختفي أنا وأنت. والأســوأ مــن ذلك، ما نزال ندخــل كميات ضخمة منه إلى الجــو كل عام. إذاً من الذي يصنعه؟ نحن؛ أي كثير من الشركات الضخمة ما تزال تصنعه في مصانعها فيما وراء البحار. ولن يُحظر في بلدان العالم الثالث حتى 2010.

تــوفي كلير باترسون في 1995. لم يحصل على جائــزة نوبل من أجل عمله. ولم يحصل علماء الجيولوجيا أبداً على الجائزة. و من الغريب أنه لم يحظَ بأي شهرة أو حتى كثير من الانتباه بالرغم من نصف قرن من الإنجاز المتواصل والخالي من الأنانيــة. ويمكن القول: إنه كان أكثر علماء الجيولوجيا تأثيراً في القرن العشرين. ومع ذلــك من سبق وسمع باســم كلير باترسون؟ فمعظم مقــررات الجيولوجيا لا تذكــره. ثمة كتابان مشهوران صدرا أخيراً عن تاريخ تحديد عمر الأرض يخطئان

في كتابة اسمه. وفي أوائل 2001، ارتكب أحد مراجعي الكتابين في مجلة نيتشر خطأً إضافياً مذهلاً حين اعتقد أن باترسون امرأة.

على أي حال، حصلت الأرض أخيراً في 1953 على عمر اتفق الجميع عليه بفضل عمل كلير باترسون. والمشكلة الوحيدة الآن هي أنها أقدم من الكون الذي يحتويها.



الفصل الحادي عشر

كواركات مستر مارك

في عام 1911 كان عالم بريطاني يُدعى س.ت.ر. ولسون يدرس تشكيلات السحب عن طريق الصعود بانتظام إلى قمة (بين نيفس)؛ وهو جبل أسكتلندي مشهور برطوبته، حين خطر له أنه يجب أن تكون هناك طريقة أكثر سهولة. بنى في مختبر كافندش في كمبريدج غرفة اصطناعية للسحب، وهي أداة بسيطة يستطيع فيها أن يبرّد الهواء ويرطّبه، مبتكراً نموذجاً معقولاً لسحابة في شروط مخبرية.

عملت الأداة بشكل جيد جداً، وكانت لها فائدة أخرى غير متوقعة. حين سرّع جزيئاً ألفاوياً عبر الغرفة؛ كي يعالج السحب المفترضة، ترك أثراً مرئياً، مثل خطوط البخار التي تخلفها طائرة خطيّة. لقد ابتكر لتوّه مكشاف الجسيمات. وقدّم دليلاً مقنعاً أن الجسيمات الذُّوذرية توجد بالفعل.

أخيراً اخترع عالمان آخران في مختبر كافندش مكشافاً أكثر قوة لحزمة البروتونات proton-beam، بينما اخترع إرنست لورنس في بيركلي في كاليفورنيا مسرّع الجسيمات المشهور، وعرفت الآلتان باسم محطّمتي الذرة لزمن طويل. عملت كل تلك الآلات الغريبة وما تزال تعمل وفقاً للمبدأ نفسه تقريباً، والهدف هو تسريع البروتون أو جسيم مشحون إلى سرعة عالية جداً على مسار (أحياناً دائرة، وأحياناً بشكل خطّي)، ثم صدمه بجسيم آخر ومشاهدة ما يتطاير. لهذا دعيت محطمة الذرة. لم يكن هذا علماً دقيقاً، ولكنه كان فاعلاً عموماً.

حين اخترع علماء الفيزياء آلات أكبر وأكثر طموحاً، بدؤوا يكتشفون أو يسلمون بجسيمات أو عائلات جسيمات لا تُحصى على ما يبدو: الميونات والبيونات والهايبيرونات والميزونات وميزونات ك، و بوزونات هيجز، وبوزونات متوسطة المتّجه، الباريونات والتاكيونات. وبدأ علماء الفيزياء يشعرون بعدم الراحة. ومرة

أجاب إنركيون فيرمي حين سأله طالب عن اسم جسيم معيّن: «أيها الشاب، لو أستطيع أن أتذكر أسماء هذه الجسيمات، لكنت عالم نبات».

تمتلك المسرّعات اليوم أسماء تبدو مثل شيء ما سيستخدمه فلاش جوردون في معركة:سيوبر بروتون ساينكروتون، صادم، بوزترون الإلكترون الكبير، وصادم هادرون الكبير، وصادم الأيون الثقيل الكبير. مستخدمة كميات ضخمة من الطاقة (يعمل بعضها فقط في الليل بحيث إنّ الأشخاص في البلدات المجاورة ليس عليهم أن يشهدوا بهوت أضوائهم حين يشغّل الجهاز)، تستطيع هذه المسرّعات أن تولّد الحيوية في الجسيمات بحيث إنّ إلكتروناً واحداً يمكن أن يقوم بـ 47,000 دورة في نفق طوله 7 كيلومترات في أقل من ثانية. أثيرت المخاوف من أن حماس العلماء يمكن أن يدفعهم كي يخلقوا دون قصد ثقباً أسود، أو حتى شيئاً ما يُدعى «الكواركات الغريبة»، التي تستطيع - نظرياً - أن تتفاعل مع جسيمات دُوذرية أخرى، وتتوالد بشكل لا يمكن التحكم به. إذا كنتم تقرؤون هذا، فإن هذا الأمر لم يحدث.

يحتاج العثور على الجسيمات إلى وقت معيّن من التركيز. فهي ليست صغيرة وسريعة فحسب وإنما سريعة الزوال بشكل كبير أيضاً. تستطيع الجسيمات أن تأتي إلى الوجود وتتلاشى مرة أخرى في أقل من 0.000000000000000000000001 من الثانية (10^{-24} من الثانية). حتى الأكثر بلادة من الجسيمات غير المستقرة لا تبقى أكثر من 0.0000001 من الثانية (10^{-7}). بعض الجسيمات هي مبهمة بشكل غريب. ففي كل ثانية يزور الأرض عشرة آلاف ترليون ترليون من النيوترونات الصغيرة التي لا كتلة لها (تطلق معظمها الإشعاعات الذرية للشمس)، والواقع أنها كلها تعبر الكوكب وكل ما فيه، بما فيه أنا وأنت، وكأنها لم تكن هناك. لاصطياد بعضها فحسب، يحتاج العلماء إلى صهاريج تتسع لخمسة وسبعين ألف متر مكعب من الماء الثقيل (أي ماء بكمية وافرة نسبياً من الهيدروجين الثقيل فيها) في غرف تحت الأرض (مناجم قديمة، عادة) بحيث لا يتدخل فيها أنواع

أخرى من الإشعاع.

وفي أحيان كثيرة، يصطدم نيوترون عابر بنواة ذرية في الماء وينتج اندفاعاً قليلاً للطاقة. يحصي العلماء الاندفاعات وبهذه الطريقة يقربوننا بنحو ضئيل من فهم السمات الجوهرية للكون. ففي 1998 أفاد راصدون يابانيون أن للنيوترونات كتلة، ولكنها ليست كبيرة: نحو جزء من عشرة بالمليون من كتلة الإلكترون.

يحتاج العثور على الجسيمات في هذه الأيام إلى كثير من النقود. ثمة علاقة عكسية غريبة في الفيزياء الحديثة بين صغر الشيء الذي يُبحث عنه ووزن التجهيزات المطلوبة للقيام بالبحث. إن الهيئة الأوروبية للأبحاث النووية هي مثل مدينة صغيرة. وتقع على الحدود بين فرنسة وسويسرة وتستخدم ثلاثة آلاف موظّف وتحتل موقعاً يقاس بالمتر المربّع. وتتباهى الهيئة بمجموعة من المغنطيسات كل منها أكبر وزناً من برج إيفل، وبنفق تحت الأرض طوله 26 كيلومتراً.

إن تحطيم الذرات سهل كما قال جيمس تريفل: «فأنتم تفعلون ذلك في كل مرة تشعلون فيها مصباحاً ساطعاً». إن تحطيم نواة ذرية -على أي حال- يقتضي كثيراً من الأموال وتغذية كهربائية كبيرة. أما الهبوط إلى مستوى الكواركات الجسيمات التي تصنع الجسيمات فيتطلب أكثر من ذلك: ترليونات الفولتات من الكهرباء وميزانية ولاية أميركية وسطى صغيرة. إن صادم هادرون الكبير Large Hadron Collider الخاص بالهيئة الأوروبية للأبحاث الذرية، صُمم للبدء بالعمليات في 2005، وسينجز 14 ترليون فولت من الطاقة ويكلف بناؤه أكثر من 1,5 بليون دولار(*).

ولكن هذه الأرقام لا شيء بالمقارنة مع نفقات وإنجاز الصادم الجبّار ذي العمل الجبّار superconducting supercollider الذي تم البدء بتشييده قرب واكساهاشي بولاية تكساس في الثمانينيات، قبل أن يجرب اصطداماً ضخماً

(*) هناك تأثيرات جانبية عملية لكل هذا الجهد المكلف. إن الشبكة الشاملة للعالم هي فرع من الهيئة الأوروبية للأبحاث الذرية. لقد ابتكرها عالم من الهيئة يدعى تيم بيرنيرز لي، عام 1989.

خاصاً به مع كونغرس الولايات المتحدة. إن الهدف من الصادم هو جعل العلماء يسبرون «الطبيعة المطلقة للمادة» -كما عُبِّر عن الأمر دوماً- عبر إعادة خلق أوضاع الكون قدر الإمكان في الجزء الأول من عشرة آلاف من البليون من الثانية. وترمي الخطة إلى قذف جسيمات في نفق طوله 84 كيلومتراً من أجل إنجاز 99 ترليون فولت من الطاقة الصاعقة. كانت خطة عظيمة، ولكنها تكلف 8 بليونات دولار (وهذا الرقم صعد في النهاية إلى 10 بليونات) وتكلف إدارته السنوية مئات الملايين من الدولارات.

ربما في أروع مثال في التاريخ عن إغداق النقود على ثقب في الأرض أنفق الكونغرس 2 بليون دولار على المشروع، ثم ألغاه في 1993 بعد حفر 22 كيلومتراً من النفق. وهكذا تتباهى تكساس الآن بأغلى نفق في الكون. وقد أخبرني صديقي جيف جوين من فورت ورث ستار تلغرام أن الموقع «هو جوهرياً حقل كبير منظف منقط على طول محيطه بسلسلة من البلدات الصغيرة الخائبة الأمل».

ومنذ انهيار مشروع الصادم الجبّار، غضّ علماء فيزياء الجسيمات بصرهم، ولكن حتى المشروعات المتواضعة يمكن أن تكون مكلفة جداً بالمقارنة مع أي شيء. إن مرصد نيوترون مقترحاً في منجم هومستيك القديم في ليد، ساوث داكوتا، سيكلّف 500 مليون وهذا منجم محفور سابقاً حتى قبل النظر في كلف الإدارة السنوية للنفق، سيكون هناك أيضاً 281 مليون دولار «من كلف التحويل العامة». وتكلف إعادة تجهيز مسرّع جسيمات في فيرميلاب في إلينيوي 260 مليون دولار.

إن فيزياء الجسيمات، باختصار، مشروع مكلف جداً ولكنه مثمر. واليوم إن عدد الجسيمات فوق 150، ويشتبه بوجود نحو 100 من الجسيمات الأخرى، ولكن لسوء الحظ، وكما عبّر رتشارد فينمان: «من الصعب جداً أن نفهم علاقات جميع تلك الجسيمات وما الهدف الذي تريدهم الطبيعة من أجله، أو ما هي الصلات بين الواحد والآخر». وكلما نجحنا بفتح علبة، اكتشفنا أن هناك علبة أخرى مقفلة في

داخلها. يعتقد بعضهم أن هناك جسيمات تسمى التيكونات يمكن أن تسافر بسرعة أعلى من سرعة الضوء. يتوق آخرون لاكتشاف الغرافيتون: كمّ حقل الجاذبية. من الصعب القول متى نصل إلى القاع الذي لا يُختزل. أثار كارل ساغان في كتابه الكون احتمال أنه إذا أمعنا النظر في إلكترون يمكن أن نجد أنه يحتوي على كون خاص به، مما يذكّر بروايات الخيال العلمي في الخمسينيات. «هناك عدد ضخم من الجسيمات الأخرى الأكثر صغراً في داخله، منظمة كالمجرات والبنى الأصغر، التي هي بنفسها أكوان على المستوى اللاحق وهكذا إلى الأبد،هناك في الأسفل أكوان داخل أكوان بلا نهاية. والأمر هو كذلك في الأعلى أيضاً».

إنه عالم يتجاوز الفهم بالنسبة لمعظمنا. وحتى إذا قرأنا دليلاً أولياً عن فيزياء الجسيم هذه الأيام، فإننا سنمر عبر الأجمات القاموسية التي كهذه: «إن البيون المشحون والأنتيبيون ينحلان على التعاقب إلى ميون زائد أنتينيوترون وأنتيميون زائد نيوترون بمعدل حياة متوسط هو 2.603×10^{-8} ثانية، وينحل البيون المحايد إلى فوتونين بمعدل حياة متوسط هو $0.8\text{-}10 \times 10^{-16}$ ثانية، والميون والأنتيميون ينحلان بالتعاقب...» وهكذا دواليك، وهذا مأخوذ من كتاب للقارئ العام ألّفه أكثر المفسرين وضوحاً (عادة)، ستيفن واينبرغ.

اخترع عالم الفيزياء في كالتيك في الستينيات، وفي محاولة لتبسيط الأمور قليلاً، فئة جديدة من الجسيمات تهدف جوهرياً - كما عبّر ستيفن واينبرغ - «إلى استعادة بعض التنظيم إلى تعدد الهادرونات»، وهذا مصطلح جمعي يستخدمه علماء الفيزياء للبروتونات والنيترونات وجسيمات أخرى تحكمها القوة النووية القوية. وكانت نظرية (جيل مان) تفيد بأن جميع الهادرونات مصنوعة من جسيمات أصغر، وأكثر جوهرية. وأراد زميله رتشارد فينمان أن يدعو هذه الجسيمات الجديدة الأساسية البارتونات partons، كما في دولي، ولكنه نُقض. وبدلاً من ذلك صارت معروفة باسم الكواركات quarks.

أخذ (جيل مان) الاسم من سطر في رواية يقظة فينيغان: «ثلاثة كوراكات لمستر مارك!». ولكنّ البساطة الجوهرية للكواركات لم تستمر طويلاً. فبعد أن صارت مفهومة على نحو أفضل كان من الضروري إدخال أقسام فرعية. وبالرغم من أن الكواركات صغيرة جداً كي يكون لها لون أو طعم أو أي سمات مادية أخرى يمكن أن نتعرف عليها، فقد صارت مجموعة في ست فئات أعلى، وأسفل، وغريبة، وساحرة، وقمة، وقاع وقد أشار إليها علماء الفيزياء بنحو غريب على أنها «نكهاتها»، وقد قُسمت هذه أيضاً إلى ألوان حمراء وخضراء وزرقاء. (ويشتبه المرء أنه ليس من قبيل المصادفة أن هذه المصطلحات استخدمت في البداية في كاليفورنية في أثناء مدة تفشي المخدرات).

وظهر من بين كل ذلك في النهاية ما يدعى بالنموذج المعياري، الذي هو جوهرياً نوع من طقم أجزاء للعالم الدوذري. ويتألف النموذج المعياري من ستة كواركات، وستة لبتونات(*) leptons؛ خمسة بوزونات معروفة وسادس مفترض (على اسم عالم أسكتلندي، بيتر هيجز)، بالإضافة إلى ثلاث من القوى الفيزيائية الأربع: القوى النووية القوية والضعيفة والكهرومغناطيسية.

رتبت الأمور بحيث إنّ الكواركات هي من بين القطع الأساسية التي تبني المادة؛ وتشدّ هذه إلى بعضها بعضاً جسيمات تُدعى الغريونات؛ وتشكل الكواركات والغريونات سوية البروتونات والنيترونات، مادة النواة النووية. اللبتونات هي مصدر الإلكترونات والنيوترونات. والكواركات واللبتونات سوية تُدعى الفيرميونات. والبوزونات (على اسم العالم الهندي س.ن. بوز) هي جسيمات تُنتج القوى وتحملها، وتشتمل على الفوتونات والغريونات. إن بوزون هيجز يمكن أن يكون موجوداً أو غير موجود؛ فقد اختُرع ليكون طريقة لمنح الجسيمات كتلة.

وكما يمكن أن تلاحظوا إن كل هذا غير عملي قليلاً، ولكنه أبسط نموذج يمكن أن يشرح ما يحدث في عالم الجسيمات. ويشعر معظم علماء فيزياء الجسيمات، كما قال ليون لدرمان في فيلم تلفزيوني وثائقي في 1985: إن النموذج المعياري

(*) اللبتون هو جسيم نووي ضئيل الكتلة مثل الإلكترون والبوزترون. المترجم.

يفتقـر إلى الرشاقة والبساطة. «إنه معقّد جداً. إنه يحتوي على كثير من العناصر العشوائيـة»، كمـا قال لدرمان: «فنحـن في الحقيقة لا نرى الخالـق يدير عشرين قبضـة باب؛ كي يضع عشرين مقياسـاً من أجل خلق الكون كما نعرفه». فالفيزياء في الواقع ليست إلا مجرد البحث عن البساطة المطلقة، ولكن حتى الآن كل ما لدينا هـو نوع من الفوضى الرائعـة أو كما عبّر لدرمان: «ثمة شعـور عميق بأن الصورة ليست جميلة».

إن النمـوذج المعيـاري ليس أخرق فحسب وإنما ناقصـ أيضاً. إذ لا شيء لديه يقولـه عن الجاذبية. ابحثوا في النموذج المعياري كما تشاؤون، فلن تعثروا على أي شـيء يشرح لمـاذا حين تضع قبعة على طاولة لا تحلق إلى السقف. ولا، -كما نبهنا لتونا- يستطيع أن يشرح الكتلة. ومن أجل منح الجسيمات أي كتلة علينا أن ندخل بوزون هيجز الافتراضي؛ أما إن كان يوجد في الحقيقة فهذه مسألة فيزياء القرن الواحـد والعشرين. وكما قال فينمان مبتهجاً: «وهكذا نحن عالقون في نظرية، ولا نعرف إن كانت صحيحة أم مغلوطة، ولكننا نعرف أنها مغلوطة قليلاً، أو على الأقل غير كاملة».

وفي محاولة لربط الأمور كلها، وصل علماء الفيزياء إلى شيء ما يُدعى نظرية (السلك الفائق super string theory). وهذا يفترض أن جميع الأشياء الصغيرة كالكـواركات واللبتونات التـي فكرنا فيها من قبل على أنها جسيمات هي في الواقع «أسـلاك»؛ خيوط طاقة مهتزة تتذبذب في أحد عشر بعداً، تتألف من الثلاثة التي نعرفهـا سابقاً بالإضافة إلى الزمن وسبعة أبعاد أخرى، التي هي مجهولة بالنسبة لنا. الخيوط واهية جداً؛ واهية بما يكفي كي تمر بوصفه جسيمات نقطية.

وبإدخال أبعاد إضافيـة، تمكّنُ نظرية الأسلاك الفائقة علماءَ الفيزياء من أن يجمعـوا سوية القوانين الكمية، وقوانين الجاذبية في مجموعة مرتبة بشكل نسبي؛ ولكنها تعني أيضاً أن أي شيء يقوله العلماء عن النظرية يبدو مزعجاً كنوع الأفكار، التـي ستجعلك تبتعد إذا نقلها إليك غريب على مقعد في حديقة. هنا -على سبيل المثال- عالم الفيزياء متشيو كاكو يشرح بنية الكون من منظور الأسلاك الفائقة:

يتألـف السلك من سلك مغلق له نمطـان من الاهتزازات، باتجاه حركة عقرب الساعة وبعكس اتجاهه، ويتم التعامل معهما بنحو مختلف. تعيش الاهتزازات التي باتجـاه الساعـة في فضاء ذي أبعاد عشـرة. وتعيش التي بعكس اتجاه الساعة في فضـاء ذي ستة وعشرين بعـداً، منها 16 بعداً تم ضغطها. (نتذكر في أبعاد كالوزا الخمسة، تم ضغط البعد الخامس بتغليفه الدائرة.

وهكذا تتواصل 350 صفحة.

ولّـدت نظرية الأسلاك الفائقة شيئاً دعي نظرية إم، التي تدمج أسطحاً تُدعى الأغشيـة branes في علـم الفيزياء. وهذا -كما أخشى- هـو الموقف على الطريق السريـع للمعرفة حيث يجب أن ينزل معظمنا. وإليكم جملة من النيويورك تايمز، تشرح هذا ببساطة قدر الإمكان للجمهور العام:

تبدأ عملية ekpyrotic بعيداً في الماضي غير المحدد بزوج من الأغشية branes فارغين منبسطـين يوضعان في موازاة بعضهما بعضاً في فضاء منحرف ذي أبعاد خمسـة... إن الغشاءيـن اللذيـن يشكلان جـدران البعد الخامـس، كان يمكن أن يقفزا من العدم كتذبذب كمي في الماضي الأكثر بعداً، ثم يندفعا منفصلين.

لا جدل مع هذا. ولا فهم له أيضاً. وتأتي كلمة ekpyrotic بالمصادفة من الكلمة اليونانية التي تعبر عن الحريق (conflagration).

وصلـت المسائـل في الفيزياء الآن إلى درجة إنّ العالم بـول دافيز قال في مجلة نيتشر: «إنه من المستحيل تقريباً على غير العالم أن يميّز بين الغريب بشكل واضح والمعتـوه بشكل صريح». ووصلـت المسألة بشكل ممتع إلـى أوجها في خريف 2002 حين أنتـج عالما فيزياء فرنسيان، التوءمان إيغـور وغرتشكا بوجدانوف Grichka Bogdanov نظريـة طموحـة جداً تشتمل علـى مفهومات مثـل «الزمن الخيالي» ووضعية كوبو شوينغر مارتن Kubo-Schwinger-Martin تهدف إلى وصف العدم الذي كان هو الكون قبل الانفجار الكبير، وهي مدة افتُرض دوماً أنها مجهولة (بما أنها تسبق ولادة الفيزياء ومواصفاتها).

وعلى الفور أثارت نظرية بوجدانوف الجدل بين الفيزيائيين فيما إذا كانت ثرثرة، أو نتاج عبقرية أو خدعة. وقال عالم الفيزياء بيتر وات Peter Woit من جامعة كولومبيا: «من الواضح أن النظرية هي هراء تقريباً من الناحية العلمية، ولكن هذا لا يميزها كثيراً عن كثير من بقية الأدبيات في هذه الأيام».

واقترح كارل بوبر -الذي سماه ستيفن واينبرغ «عميد فلاسفة العلم الحديثين»- أنه يمكن ألا يكون هناك في الواقع نظرية نهائية للفيزياء، وإنما يمكن أن يتطلب كل شرح المزيد من الشرح، منتجاً «سلسلة لانهاية لها من المزيد والمزيد من المبادئ الجوهرية». والاحتمال المنافس هو أن معرفة كهذه يمكن أن تكون ببساطة خارج طاقتنا. وكتب واينبرغ في كتاب أحلام حول نظرية نهائية: «حتى الآن -لحسن الحظ- لا نبدو كأننا نتجه إلى نهاية مصادرنا الفكرية».

ومن المؤكد تقريباً أن هذه حقبة ستشهد المزيد من التطورات الفكرية، ومن المؤكد تقريباً ثانية أن هذه الأفكار ستكون خارج نطاق معظمنا.

وفيما كان علماء الفيزياء في العقود الوسطى للقرن العشرين ينظرون بارتباك إلى عالم ما هو صغير جداً، كان علماء الفلك يكتشفون نقصاً في فهم الكون ككل ليس أقل لفتاً للانتباه.

حين التقينا آخر مرة مع إدوين هبل، كان قد قرر أن جميع المجرات تقريباً في مجال رؤيتنا تطير بعيداً عنا، وأن سرعة وبعد هذا الانسحاب متناسبان: كلما ابتعدت المجرة، ازدادت سرعتها. أدرك هبل أن هذا لا يُمكن التعبير عنه بمعادلة بسيطة، Ho= v/d (حيث Ho هي الثابت، v هي السرعة الانكفائية وd مسافة بعدها عنا). لقد عرفت Ho منذ ذلك الوقت بثابت هبل، والكل عرف باسم قانون هبل. مستخدماً هذه الصيغة، حسب هبل أن عمر الكون بليونا عام، وكان هذا مرتبكاً قليلاً؛ لأنه في أواخر العشرينيات كان من الجلي بشكل متزايد أن أموراً كثيرة داخل الكون بما فيه -على الأرجح- الأرض نفسها كانت أكبر من ذلك. وكان تعديل هذا الرقم الشغل الشاغل باستمرار للكزمولوجيا.

إن الشيء الوحيد الثابت تقريباً عن ثابت هبل كان كمية الخلاف حول أي قيمة يجب منحها له. ففي 1956 اكتشف علماء الفلك أن مجموعة النجوم القيافوية المتغيرة كانت أكثر تغيّراً مما ظنوا؛ وجاءت في تنوعين، وليس في واحد. سمح لهم هذا أن يعيدوا العمل على حساباتهم، ويصلوا إلى عمر جديد للكون بين سبعة بلايين وعشرين بليون عام، ولم يكن هذا العمر دقيقاً جداً، ولكن كان كبيراً بما يكفي على الأقل كي يشمل أخيراً تشكّل الأرض.

وفي الأعوام التي لحقت نشأ جدل استمر طويلاً، بين آلن سانداغ، وريث هبل في جبل ولسون، وجيرار دو فوكوليور Gerard de Vaucouleurs عالم الفلك المولود في فرنسة الذي كان في جامعة تكساس. وصل سانداغ بعد أعوام من الحسابات الدقيقة إلى قيمة لثابت هبل هي 50، مانحاً الكون عمر عشرين بليون عام. ولكن دو فوكوليور كان متأكداً بنحو مساوٍ أن ثابت هبل هو 100 (*). هذا يعني أن الكون هو نصف الحجم والعمر اللذين اعتقد بهما سانداغ: عشرة بلايين عام. ودخلت الأمور في اللايقين حين اقترح فريق من مراصد كارينجي في كاليفورنية في عام 1994، مستخدماً مقاييس من تلسكوب هبل الفضائي، أن الكون يمكن أن يكون صغيراً وبعمر 8 بلايين سنة، وهو عمر سلّم الفريق أنه أصغر حتى من عمر بعض النجوم في الكون. وفي شباط 2003، أعلن فريق من ناسا ومركز الطيران الفضائي جودارد في ماريلاند، مستخدماً نمطاً جديداً بعيد المدى من الأقمار الصناعية يدعى مسبار ولكنسون ميكرويف أنستروبي، ببعض الثقة أن عمر الكون هو 13.7 بليون عام، زد أو أنقصْ نحو مئة مليون عام. وهنا استقرت الأمور، على الأقل حالياً.

(*) بالطبع يحق لك التساؤل ما الذي يعنيه بالضبط «ثابت 50 أو «ثابت 100». تكمن الإجابة في الوحدات الفلكية للقياس. لا يستخدم علماء الفلك السنوات الضوئية إلا في أحاديثهم. يستخدمون الفرسخ النجمي، وهو يستند إلى مقياس كوني ويعادل ثلاث سنوات ضوئية وربع السنة. أما المقاييس الكبيرة، كحجم الكون، فهي تقاس بالفرسخ النجمي الكبير: فرسخ نجمي كبير واحد يساوي مليون فرسخ نجمي. ويعبر عن الثابت من زاوية الكيلومتر في كل ثانية في كل فرسخ نجمي كبير. وهكذا حين يشير علماء الفلك إلى ثابت هبل 50 فما يعنونه هو «50 كيلومتراً في الثانية في كل فرسخ نجمي كبير». بالنسبة لمعظمنا هذا قياس لا معنى له؛ ولكن مع ذلك، بالمقاييس الفلكية معظم المسافات ضخمة، بحيث تكون غير قابلة للتصديق.

إن الصعوبة التي تواجه القيام بتحديدات نهائية هي أنه هناك غالباً مساحات واسعة للتأويل. تخيّل الوقوف في حقل في الليل ومحاولة أن تقرر كم يبعد ضوءان كهربائيان بعيدان. مستخدماً أدوات مباشرة من علم الفلك تستطيع أن تحدد بسهولة أن المصباحين لهما التألق نفسه، وأن واحدة منهما أكثر بعداً بخمسين بالمئة من الأخرى. ولكن ما لا تستطيع التأكد منه هو، (مثلاً) إن كان الضوء الأقرب 58 واطاً أي يبعد 37 متراً، أو 61 واطاً أي يبعد 36.5 متراً. وقبل كل شيء يجب أن تأخذ في الحسبان التشوهات التي تسببها التغيرات في جو الأرض، من قبل الغبار البيمجريّ، ومن الضوء الملوّث القادم من النجوم الأمامية وعوامل أخرى كثيرة. والنتيجة هي أن حساباتك هي بالضرورة مبنية على سلسلة من الافتراضات المتداخلة، أي منها يمكن أن يكون مصدراً للجدل. هناك أيضاً مشكلة أن المدخل إلى التلسكوبات مكلف جداً، وكان قياس الانزياحات الحمراء تاريخياً مكلفاً على صعيد الوقت. يمكن أن يستغرق الأمر الليل كلّه للحصول على كشف واحد. بالنتيجة، كان علماء الفلك يضطرون أحياناً (أو يرغبون) إلى أن يبنوا الحسابات على أدلة غير كافية. وكما اقترح الصحفي جيوفري كار، لدينا في الكوزمولوجيا «جبل من النظريات المبنية على كومة من الأدلة بحجم التي يصنعها الخلد». أو كما عبّر مارتن ريس عن الأمر: «إن رضانا الحالي [بحالة فهمنا] يمكن أن يعكس ضآلة المعطيات بدلاً من تفوّق النظرية».

وينطبق هذا اللايقين -بالمصادفة- على أشياء قريبة نسبياً كما ينطبق على الحواف البعيدة للكون. وكما يقول دونالد جولدسميث: «حين يقول علماء الفلك: إن مجرة إم 87 تبعد 60 مليون سنة ضوئية، فإن ما يعنونه في الواقع (ولكنهم لا يشدّدون على هذا للجمهور العام) هو أنها تبعد ما بين 40 و90 مليون سنة ضوئية، ليس تماماً الأمر نفسه. بالنسبة للكون عامة، إن الأمور تُكبّر بنحو طبيعي. فبالرغم من النجاح الباهر الذي يحيط بالإعلانات الأخيرة، فإننا نبقى بعيدين جداً عن الإجماع».

اقترحت إحدى النظريات المهمة أخيراً أن الكون ليس كبيراً كما نظن؛ إنه حين نحدق في المسافة، فإن بعض المجرات التي نراها يمكن أن تكون مجرد انعكاسات، أو صوراً شبحية أنشأها الضوء المرتدّ.

والواقع أن هناك كثيراً من الذي لا نعرفه، حتى على مستوى جوهري تماماً، بما فيه مما صُنع الكون. حين يحسب العلماء كمية المادة المطلوبة لربط الأشياء سوية، فإنهم ييأسون من معرفة ذلك دوماً. ويبدو أن 90% على الأقل من الكون، وربما 99% مؤلف من «المادة السوداء» لفريتز زويكي، وهي مادة بطبيعتها غير مرئية لنا. وإنه لمثير للسخط تماماً بالنسبة لنا أن نفكر أننا نعيش في كون لا نستطيع، حتى أن نراه في معظم الأحيان، ولكن ها أنت هناك. على الأقل إن اسمي المتهمين الرئيسين المحتملين ممتعان: قيل إنهما إما الجسيمات الكبيرة التي تتفاعل على نحو ضعيف WIMPs، التي هي ذرات مادة غير مرئية باقية من الانفجار العظيم أو MACHOs (الأشياء الكبيرة المدمجة المحاطة بهالة، وهذا في الواقع اسم آخر للثقوب السوداء، الأقزام الرمادية ونجوم أخرى باهتة جداً).

مال علماء فيزياء الجسيمات إلى تفضيل شرح الجسيم الخاص بالجسيمات الكبيرة، التي تتفاعل على نحو ضعيف، وفضل علماء الفيزياء الفلكية الشرح النجمي للأشياء المحاطة بهالة. وكان للأشياء المحاطة بهالة اليد العليا لبعض الوقت، ولكن لم يُكتشف ما يكفي منها، وهكذا عاد التعاطف إلى الجسيمات الكبيرة، بالرغم من مشكلة أنه لم يُكتشف أي منها أبداً. ولأنها تتفاعل أسبوعياً، فإنه مفترض أنها موجودة من الصعب جداً اكتشافها. فالأشعة الكونية ستسبّب كثيراً من التدخل. وهكذا ينبغي أن يذهب العلماء عميقاً تحت الأرض. إن القصف الكوني إلى عمق كيلومتر واحد تحت الأرض سيكون جزءاً من واحد بالمليون مما ستفعله على السطح. ولكن حين تُضاف كل هذه، «فإن ثلثين من الكون ما يزالان مفقودين من الميزانية العمومية. أما الآن فإننا نستطيع أن ندعوها جيداً DUNNOS (أشياء في مكان ما سوداء ومجهولة وغير انعكاسية أو قابلة للكشف).

وتوحي الأدلة الأخيرة أن المجرات لا تندفع بعيداً عنا فحسب، وإنما تفعل ذلك بنسبة تتسارع. وهذا يخالف جميع التوقعات. وتبيّن أن الكون يمكن أن يكون مليئاً ليس بالمادة السوداء فحسب، وإنما بالطاقة السوداء. وأحياناً يدعوها

العلمــاء الطاقة الخوائيّة أو الجوهــر. مهما كانت، فإنها يبدو أنهــا تقود توسّعاً لا أحد يستطيع تفسيره. تقول النظرية: إن الفضاء الفارغ ليس فارغاً على الإطلاق، هناك جسيمات من المادة والمضادة للمادة تقفز إلى الوجود، ثم تقفز خارجه مرة أخرى، وهذه تدفع الكون إلى الخارج بسرعة متنامية. ومن غير المرجح أن الشيء الوحيد الذي يحلّ كل هذا هو ثابت آينشتاين الكوني، قطعة الرياضيات الصغيرة التــي أسقطها في نظريــة النسبية العامة لإيقاف توسع الكــون المفترض، وقد دعا هــذا بـ «الخطــأ الأكبر في حياتي». وتبين الآن أنه قــام بالأمور على نحو صحيح في النهاية.

إن زبدة كل هذا هو أننا نعيش في كون لا نستطيع أن نحسب عمره تماماً، محاط بنجوم لا نعرف كم تبعد عنا أو عن بعضها بعضاً، ومليء بمادة لا نستطيع تعريفها، ويعمل بانسجام مع القوانين الفيزيائية التي لا نفهم خصائصها.

بعد هذه الملحوظة المقلقة لنعد إلى الكوكب الأرضي ونفكر في شيء ما لا نفهمه بالرغــم من أنكم ربما لــن تُفاجؤوا الآن من سماع أننــا لا نفهمه بشكل كامل، وما نفهمه لم نفهمه منذ وقت طويل.



الفصل الثاني عشر

الأرض تتحرك

قبل أن توافيه المنية في 1955، كتب ألبرت آينشتاين مقدمة قصيرة ألمعيّة لكتاب ألفّه عالم جيولوجيا يُدعى تشارلز هابجود بعنوان «قشرة الأرض المنزاحة»: مفتاح بعض المشكلات الأساسية لعلم الأرض. قوّض كتاب هابجود فكرة أن القارات تتحرك. وبنبرة تدعو القارئ إلى الانضمام إليه في ضحكة خافتة، قال هابجود: إن قلة من الأنفس الساذجة لاحظت «تواشجاً واضحاً في الشكل بين قارات معيّنة». وتابع قائلاً: إنه يبدو: «كأن أمريكة الجنوبية يمكن أن تشبه تماماً إفريقية، وهكذا دواليك... ويزعم أنه حتى تشكيلات الصخور على جانبي الأطلسي متطابقة».

رفض السيد هابجود بذكاء هذه الأفكار، منبهاً أن عالمي الجيولوجيا ك.ي. كاستر وج.س. مينديز قاما بعمل ميداني واسع على جانبي المتوسط، وبرهنا أنه لا توجد تشابهات كهذه. لا يعرف إلا الله أي بروز صخري نظر إليه كاستر ومينديز؛ لأن كثيراً من تشكيلات الصخور على جانبي الأطلسي هي نفسها في الحقيقة.

لم تكن الفكرة من ابتكار السيد هابجود أو علماء جيولوجيا آخرين في عصره. فقد ظهرت النظرية التي لمّح إليها هابجود في البداية في 1908 على يد عالم جيولوجيا أميركي هاوٍ يدعى فرانك برسلي تيلور. جاء تيلور من أسرة ثرية وكان لديه كل من الوسائل والحرية من القيود الأكاديمية كي يتبع خطوط استقصاء غير تقليدية. كان أحد أولئك الذين صعقهم التشابه بين ظاهر الخطوط الساحلية في إفريقية وأمريكة الجنوبية، ومن هذه الملاحظة طوّر فكرته بأن القارات انزلقت مرة دائرياً. اقترح بعلم بالغيب، كما تبيّن فيما بعد أن اصطدام القارات رفع سلاسل الجبال في العالم. لكنه أخفق في إيراد أدلة، وعدّت النظرية خرقاء لا تستحق الانتباه الجدي.

ولكن فكرة تيلور -على أي حال- التُقطت في ألمانية، وانتُحلت على نحو فاعل، من قبل منظّر يُدعى ألفرد فيجينر، وهو عالم بالأرصاد الجوية في جامعة ماربورغ.

استقصى فيجينر الشذوذات الكثيرة في النبات والمستحاثات، التي لم تتلاءم بنحو مريح في النموذج المعياري لتاريخ الأرض، وأدرك أن قليلاً منها له معنى إذا تم تفسيره بنحو مألوف. هذا وقد ظهرت المستحاثات الحيوانية بشكل متكرر على جانبي المحيطات التي كانت على ما يبدو كبيرة جداً لا يمكن عبورها بالسباحة. وتساءل: كيف انتقلت الجرابيات من أمريكة الجنوبية إلى أسترالية؟ وكيف ظهرت سلاحف مماثلة في البلدان الإسكندنافية ونيوإنجلاند؟ وكيف يفسر المرء وجود طبقات الفحم أو بقايا شبه استوائية في مناطق قارسة مثل سبتسبرجن، على بعد 600 كيلومتر إلى الشمال من النرويج، إذا لم تكن قد هاجرت إلى هناك من مناخات دافئة؟

طوّر فيجينير نظرية أن قارات العالم وُجدت مرة كتلة أرضٍ واحدةٍ دعاها بانجيا Pangaea حيث كانت الحياة النباتية والحياة الحيوانية قادرتين على الاختلاط، قبل أن تنفصلا إلى مواقعهما الحالية. وعبّر عن الفكرة في كتاب بعنوان: «أصل القارات والمحيطات»، نُشر في ألمانية سنة 1912 و بالرغم من نشوب الحرب العالمية الأولى آنذاك، نشره بالإنكليزية بعد ثلاث سنوات.

وبسبب الحرب، لم تجذب نظرية فيجينير كثيراً من الانتباه في البداية، ولكن في 1920، حين أنتج نسخة منقّحة وموسّعة صار بسرعة موضوعاً للنقاش. وافق الجميع على أن القارات انجرفت، ولكن إلى الأعلى والأسفل، وليس جانبياً. إن عملية الحركة العمودية - المعروفة باسم توازن القشرة الأرضية - كانت أساس الاعتقاد الجيولوجي لأجيال، بالرغم من أنه لم يطرح أحد أي نظريات جيدة عن: «كيف حدث هذا ومتى؟». كانت هناك فكرة واحدة، بقيت في المقررات المدرسية، حتى أيام دراستي، هي نظرية «التفاحة المسلوقة» التي طرحها النمساوي إدوارد سويس تماماً قبل انعطافة القرن. قالت النظرية: إنه حين بردت الأرض الذائبة صارت مجعدة كتفاحة مطبوخة، مشكّلة أحواض محيطات وسلاسل جبال. لا يهم أن جيمس هتون قال قبل هذا بوقت طويل: إن أي ترتيب ثابت كهذا سينتج في

النهايـة كرةً بلا ملامح، بما أن الحتّ يمهّـد الانتفاخات ويملأ الحفر. كان هناك أيضـاً المشكلة، التـي أشار إليها رزرفـورد وسودي في بداية القـرن، بأن العناصر الأرضيـة تحمل احتياطيـات كبيرة من الحرارة، كثير وكثير جـداً بحيث لا يسمح بنوع التبريد والتقلص الذي اقترحه سويس. وعلى أي حال، إذا كانت نظرية سويس صحيحة، فإن الجبال ستوزع عندئذ بنحو متساوٍ عبر وجه الأرض –ولكنها لم تكن هكـذا علـى ما يبدو– ومـن العمر نفسه تقريبـاً؛ ومع ذلك، في أوائـل التسعينيات كان مـن الواضح أن بعض السلاسل مثـل الأورال وجبال الأبّلاش، كانت أكبر من الأخـرى بمئات الملايين من السنين، كالألـب وجبال روكي. ومن الواضح أن الوقت كان ناضجـاً لنظريـة جديدة. ولسوء الحظ، لم يكن ألفـرد فيجينير الرجل الذي رغب الجيولوجيون بأن يقدمها.

في البدايـة، شككت أفكاره الجذرية بأسـس نظامهم، وكانت هذه نادراً ما تعدّ طريقـة فاعلـة لتوليد المودة في الجمهـور. سيكون تحدٍّ كهذا مؤلـماً لو قام به عالم جيولوجيـا، ولكن فيجينير لم يكن يمتلك خلفيـة في الجيولوجيا. كان عالم أرصاد جوية، رجل طقس ألماني، ولم تكن هذه حالات نقص قابلة للعلاج.

وهكذا بذل علماء الجيولوجيا ما بوسعهم؛ كي يرفضوا دليله ويقللوا من أهمية اقتراحاتـه. وللالتفاف علـى مشكلة توزع المستحاثـات، وضعوا «جسـوراً ترابية» قديمـة، بحسب الحاجة. وحـين اكتشف أن حصاناً قديماً يدعـى هيباريون عاش في فرنسـة وفي فلوريدة في الوقت نفسه، رسم جسـراً أرضياً عبر الأطلسي. وحين عُـرف أن حيوانات التابير عاشت بنحو متزامن في أمريكة الجنوبية وجنوب شرق آسيـة رسم جسراً أرضياً هنـاك، أيضاً. وفي الحال كانـت خرائط البحار ما قبل التاريخيـة مليئة بالجسور، الأرضية الافتراضية مـن أمريكة الشمالية إلى أوروبة ومـن البرازيل إلـى إفريقية ومن جنوب شرق آسية إلـى أسترالية، ومن أسترالية إلـى أنتاركتيـكا. ولم تظهـر هـذه الحوالـق الرابطة بشـكل ملائم كلمـا كان من الضـروري نقل متعضّ حيٍّ من كتلة أرض إلى أخرى فحسب، ولكنها تلاشت أيضاً

بشكل إلزامي دون أن تترك أثراً لوجودها السابق. ولم يدعم هذا بالطبع أي أدلة ولا شيء يمكن أن يكون خطأ كهذا، ولكن هذه كانت الأرثوذكسية الجيولوجية في نصف القرن اللاحق.

لم تستطع حتى الجسور الأرضية شرح بعض الأمور. فإحدى الأنواع من ثلاثيات الفصوص التي كانت معروفة جيداً في أوروبة اكتشف أنها كانت تعيش أيضاً في نيوفاوندلاند(*) ، ولكن على جانب واحد فقط. ولم يستطع أحد أن يشرح بشكل مقنع كيف أنها استطاعت عبور 3000 كيلومتر من المحيط المعادي، ولكنها أخفقت في العثور على طريقها حول زاوية جزيرة عرضها 300 كيلومتر. وكان هناك نوع آخر أكثر شذوذاً من ثلاثيات المفاصل عُثر عليه في أوروبة، وفي الشمال الشرقي الغربي من أمريكة المطل على المحيط الهادئ ولكن لم يُعثر عليه في أي مكان بينهما، مما لن يقتضي كثير من الجسور الأرضية بقدر ما يقتضي طيراناً. مع ذلك في أواخر 1964 حين ناقشت الموسوعة البريطانية النظريات المتنافسة عدت نظرية فيجينير أنها كانت مليئة «بالعديد من الصعوبات النظرية الخطرة». وللتأكيد، ارتكب فيجينير أخطاء. جزم بأن غرينلندا تندفع إلى الغرب بسرعة 1.6 كيلومتر في العام، وهذا هراء واضح. (إن الأمر يتم بالسنتمترات). وقبل كل شيء، لم يستطع تقديم شرح مقنع عن: «كيف كانت كتل الأرض تتحرك؟». وللإيمان بنظريته يجب أن تقبلوا أن القارات الكبيرة تدفع نوعاً ما عبر القشرة الصلبة، كمزارع يحرث الأرض، دون أن يترك أي أثلام بعد ذلك. لاشيء إذاً يمكن أن يشرح بنحو معقول ما حرّك هذه الانتقالات الكبيرة.

كان آرثر هولمز، عالم الجيولوجيا البريطاني - الذي فعل كثيراً لتحديد عمر الأرض - هو الذي قدّم اقتراحاً. كان هولمز أول عالم فهم أن التدفئة الإشعاعية يمكن أن تنتج تيارات نقل داخل الأرض. نظرياً، يمكن أن تكون هذه قوية بما يكفي كي تجعل القارات تنزاح دائرياً على السطح. وفي كتابه المشهور والمؤثر مبادئ الجيولوجيا الفيزيائية، الذي نُشر لأول مرة في 1944، وضع هولمز نظرية

(*) جزيرة مثلثية الشكل تقريباً واقعة تجاه الساحل الشرقي من كندا. المترجم.

لانجـراف القارات هي، في مبادئها الجوهرية؛ النظريـة السائدة اليوم. كانت ما تـزال فرضيـة جذرية في زمنهـا وانتُقدت على نطـاق واسع -خاصـة في الولايات المتحـدة- حيث استمرت مقاومة الانجراف أكثر من أي مكان آخر. اغتاظ هنـاك أحـد المراجعـين -دون أي إحساس بالمفارقة- قائـلا: إن هولمز قدم حججه بشكل واضـح ومغـرٍ للطلاب؛ كي يؤمنـوا بها. وفي مـكان آخر -على أي حـال- حصلت النظريـة على دعم مطرد ولو كان حذراً. ففـي 1950، أظهر تصويت في الاجتماع السنوي للرابطة البريطانية لتقدم العلم، أن نصف الحاضرين تقريباً قبلوا فكرة الانجـراف القاري. (قام هابجورد حالاً بعد هـذا بإيراد هذا الرقم على أنه دليل على كيف أصبح علماء الجيولوجيا البريطانيين مضلّلين). ومن المثير للفضول، أن هولـز نفسه تذبـذب في معتقده أحياناً. فقد اعـترف في 1953: «لم أنجح أبداً في تحرير نفسي من رأي سابق مزعج ضد الانجراف القاري؛ في عظامي الجيولوجية، إذا صح التعبير، أشعر أن الفرضية فنتازية».

لم يكن الانجراف القاري دون دعم بشكل كامل في الولايات المتحدة. فقد دافع عنه رجينـال دالي من هارفارد، ولكنه -كما يمكن أن تتذكروا- كان الشخص الذي اقترح أن القمر يشكل من تأثير كوني، وكان هناك ميل إلى عدِّ أفكاره مهمة، وحتى جديـرة بالثقة، ولكنها فياضة بالحماس بحيث لا تُعدّ تفكيراً جدياً. وهكذا تمسّك معظـم الأكاديميين الأميركيـين بالاعتقاد بأن القارات شغلـت مواقعها إلى الأبد، وأن ملامح سطوحها يمكن أن تُعزى إلى شيء آخر غير الحركات الجانبية.

ومـن المثـير للاهتمـام أن علماء الجيولوجيـا في شركات النفـط عرفوا طوال سنـوات أنـك إذا أردت العثـور علـى النفـط، يجـب أن تعترف بحـركات السطح المتضمنة في الألواح التكتونية. لكن علماء الجيولوجيا المختصين بالنفط لم يكتبوا أبحاثاً أكاديمية؛ وإنما عثروا على النفط فحسب.

كانـت هناك مشكلة رئيسـة أخرى في نظريات الأرض لم يحلهـا أحد، أو حتى يقـترب مـن حلّها. كانت تلك مسألـة أين تذهب كل الرُّسابـة. ففي كل عام تحمل

أنهار الأرض كميات كبيرة من المادة المتآكلة 500 مليون طن من الكالسيوم، مثلاً إلى البحار. إذا ضربت سرعة الإيداع بعدد الأعوام، تصل إلى عدد مزعج: سيكون هناك نحو 20 كيلومتراً من المواد الرسابية في قاع المحيط أو -إذا عبّرنا عن الأمر بطريقة أخرى- ستكون قيعان المحيطات الآن فوق قممها. وقد تعامل العلماء مع هذه المفارقة بأسهل الطرق: أي تجاهلها. ولكن في النهاية جاءت نقطة لا يستطيعون فيها تجاهل هذا الأمر.

في أثناء الحرب العالمية الثانية، عُيّن عالم معادن في جامعة برنستون يُدعى هاري هيس مسؤولاً عن سفينة نقل هجومية، يو إس إس كيب جونسون. وعلى متن هذه السفينة كان هناك مسبار خيالي للأعماق يدعى سابر الأعماق، صُمّم لتسهيل المناورات قرب الشاطئ في أثناء النزول عليه، ولكن هيس أدرك أنه يمكن أن يُستخدم بنحو مساوٍ لأهداف علمية ولم يطفئه أبداً، حتى في أعماق البحار، أو في وطيس المعركة. ما اكتشفه كان غير متوقع بنحو كامل. إذا كانت أرضيات المحيط قديمة -كما افترض الجميع- يجب أن تكون مغطاة بشكل كثيف بالمواد الرسابية، على غرار الطين في قاع نهر أو بحيرة. ولكن قراءات هيس أظهرت أن أرضية المحيط لم تقدم أي شيء سوى نعومة الغرين القديم. إن المحيط معلّم في كل مكان بالأودية والخنادق والصدوع ومنقط بالجبال البحرية البركانية، التي دعاها الموائد البحرية على اسم أحد علماء الجيولوجيا السابقين أرنولد جويوت. كان هذا لغزاً، ولكن هيس خاض حرباً؛ كي يشارك فيه، ووضع أفكاراً كهذه في مؤخرة ذهنه.

بعد أن وضعت الحرب أوزارها، عاد هيس إلى برنستون وعاد إلى انشغالاته بالتدريس، ولكن ألغاز قاع البحر واصلت احتلال مكان في أفكاره. في غضون ذلك، وفي أثناء الخمسينيات، كان علماء المحيطات والأوقيانوسات يقومون بالمزيد من المسوحات لأرضيات المحيط. وفي أثناء فعلهم هذا، عثروا على مفاجأة أكبر: إن أضخم وأوسع سلسلة جبال على الأرض كان معظمها تحت الماء. اتبعت ممراً

متواصلاً على طول قيعان بحار العالم كمسار كرة تنس. لو انطلقت من إيسلندة وسافرت جنوباً، تستطيع أن تتبعها في مركز المحيط الأطلسي، حول قاع إفريقية، وعبر المحيط الهندي والجنوبي إلى الهادئ تماماً تحت أسترالية؛ وهناك تدور على نحو زاويّ عبر المحيط الهادئ، وكأنها تتجه إلى باجا في كاليفورنيا قبل أن ترتفع في الساحل الغربي للولايات المتحدة إلى آلاسكا. وبين الفينة والأخرى تنتأ قممها الأعلى فوق الماء كجزيرة أو أرخبيل الآزوريس والكناري في الأطلسي، وهاواي في الهادئ، على سبيل المثال، ولكن معظمها مدفون تحت آلاف القامات (القامة = ستة أقدام) من البحر المالح، المجهولة وغير المفكر فيها. حين تضاف كل فروعها سوية فإن الشبكة تمتد 75,000 كليومتر.

كان جزء قليل من هذا معروفاً لبعض الوقت. فالأشخاص الذين كانوا يرمون كبلات إلى قاع المحيط في القرن التاسع عشر أدركوا أنه كان هناك نوع ما من التدخل الجبلي في منتصف الأطلسي من الطريقة التي كانت تتحرك بها الكبلات، ولكن الطبيعة المتواصلة والوزن الكلي للسلسلة كانا مفاجأة مذهلة. فضلاً عن ذلك، احتوت على شذوذات مادية لا يمكن شرحها. وفي حيد منتصف الأطلسي كان هناك صدع عرضه 20 كيلومتراً بالنسبة لطوله الكامل الذي يبلغ تسعة عشر ألف كيلومتر. بدا كأن هذا يوحي بأن الأرض تنشق عند خطوط الاتصال، كجوزة تخرج من صدفتها. كانت فكرة سخيفة ومثيرة للأعصاب، ولكن الدليل لا يمكن أن يُنكر.

ثم في 1960 أظهرت العيّنات الأساسية أن قاع المحيط فتي جداً في حيد منتصف المحيط، لكنه يصبح على التعاقب أكبر حين تنتقل بعيداً عنه إلى الغرب أو الشرق. فكّر هاري هيس بالمسألة وأدرك أن هذا يمكن أن يعني شيئاً واحداً فحسب: شكلت قشرة محيط جديدة على جانبي الانجراف المركزي، ثم دفعت بعيداً عنه بعد أن جاءت قشرة جديدة خلفها. كانت أرضية المحيط ناقلين ضخمين، واحد ينقل القشرة نحو شمال أمريكة، وينقلها الآخر نحو أوروبة. صارت العملية معروفة باسم انتشار أرضية البحر.

حين وصلت القشرة في نهاية رحلتها إلى الحدود مع القارات، غاصت مرة أخرى في الأرض في عملية تُعرف باسم السحج. شرح هذا إلى أين ذهبت الترسبات كلّها.لقد تمت إعادتها إلى أحشاء الأرض. شرح أيضاً لماذا كانت قيعان البحار والمحيطات في كل مكان فتية نسبياً. ولم يكتشف أن عمر أي منها أكثر من 175 مليون سنة، وكان هذا لغزاً؛ لأن عمر الصخور القارية كان بلايين الأعوام في الغالب. والآن يستطيع هيس أن يعرف لماذا لا تستمر الصخور المحيطية إلا الوقت الذي تستغرقه كي تنتقل إلى الشاطئ؟. كانت هذه نظرية جميلة شرحت كثيراً جداً. أوضح هيس حججه في بحث مهم جداً، تم تجاهله عالمياً تقريباً. فالعالم أحياناً لا يكون مستعداً لفكرة جيدة.

في غضون ذلك، قام باحثان يعملان على نحو مستقل، باكتشافات مذهلة معتمدين على حقيقة مثيرة للفضول عن تاريخ الأرض اكتُشفت قبل عقود عدة. ففي 1906، اكتشف عالم فرنسي يُدعى برنار برون Bernard Brunhes أن الحقل المغناطيسي للكوكب يعكس نفسه من وقت لآخر، وأن سجل هذه الانعكاسات ثابت بشكل دائم في بعض الصخور في وقت تشكّلها. وبشكل محدّد، إن حبات صغيرة من خام الحديد داخل الصخور تشير إلى أي مكان يصادف أن يكون فيه القطبان المغناطيسيان في وقت تشكّلهما، ثم تبقى مشيرة إلى تلك الجهة فيما هي تبرد وتتصلّب. بالنتيجة، إنها «تتذكّر» أين يكون القطبان المغناطيسيان في وقت تشكلها. لم يكن هذا لسنوات سوى شيء لافت للنظر، ولكن في الخمسينيات درس باتريك بلاكيت من جامعة لندن و س.ك.رنكورن من جامعة نيوكاسل النماذج المغناطيسية القديمة المتجمدة في الصخور البريطانية وفوجئا -هذا إذا قلنا أقل شيء- حين اكتشفا أنها تشير إلى أنه في وقت ما في الماضي البعيد دارت بريطانية على محورها وانتقلت قليلاً إلى الشمال، وكأنها فلتت نوعاً ما من مراسيها. فضلاً عن ذلك، اكتشفا أنك إذا وضعت خريطة لنماذج أوروبة المغناطيسية إلى جانب خريطة أميركية من المدة نفسها، فإنهما يتلاءمان سوية كنصفي رسالة ممزّقة. كان هذا خارقاً للطبيعة. ولكنه تم تجاهل اكتشافاتهما، أيضاً.

وأخيراً قام رجلان من جامعة كمبريدج، عالم جيوفيزياء (عالم بطبيعة الأرض) يدعى درموند ماثيوس وطالب متخرج يدعى فرديد فاين، بربط الخيوط جميعها سوية. وفي 1963 -مستخدمين الدراسات المغناطيسية لقاع المحيط الأطلسي- بيّنا بشكل قاطع أن أرضيات البحار كانت تنتشر بدقة بالطريقة التي اقترح بها هيس أن القارات تتحرك. واستنتج عالم جيولوجيا كندي غير محظوظ يدعى لورنس مورلي النتيجة نفسها في الوقت نفسه، ولكنه لم يستطع العثور على أي شخص ينشر بحثه. وفيما أصبح ازدراءً مشهوراً، قال له محرر مجلة جورنال أوف جيوغرافيكال ريسيرش (مجلة الأبحاث الجغرافية): «إن تأملات كهذه تشكل حديثاً ممتعاً في حفلات الكوكتيل، ولكنها ليست النوعية التي ينبغي أن تُنشر تحت الرعاية العلمية الجدية». ووصفه أحد علماء الجيولوجيا مرة بأنه «على الأرجح أهم بحث في علوم الأرض سبق و رُفض نشره».

على أي حال، كانت القشرة المتنقلة فكرة لم يحن وقتها بعد. وقد عقد كثير من أهم الشخصيات في هذا الميدان ندوة في لندن برعاية الجمعية الملكية في 1964، وفجأة، ارتد الجميع على ما يبدو. اتفق المجتمعون على أن الأرض (خليط متنوع) موازييك من القطع المتداخلة التي يفسّر اصطدامها الضخم ببعضها بعضاً كثيراً من سلوك سطح الكوكب.

ونُبذ بسرعة اسم «الانجراف القاري» حين أُدرك أن القشرة كلها تتحرك وليس القارات فقط، ولكن الأمر استغرق مدة للاستقرار على اسم للقطع الفردية. في البداية سمّاها الناس «القطع القشرية»، أو أحياناً «الرصفة». ولكن في أواخر 1968، وبعد نشر مقالة لثلاثة علماء زلازل أميركيين في مجلة الأبحاث الجغرافية، حصلت القطع على اسم وصارت تعرف باسم الألواح. ودعت المقالة نفسها العلم الجديد باسم الألواح التكتونية.

إن الأفكار القديمة لا تموت بسهولة لهذا لم يندفع الجميع إلى اعتناق النظرية الجديدة المثيرة. وفي أواخر السبعينيات، ألحّ أحد أشهر الكتب الجيولوجية

المؤثرة، «الأرض» -والذي ألفه المحترم هارولد جيفريز- بقوّة أن الألواح التكتونية تشكل استحالة مادية، كما فعل في الطبعة الأولى في 1924. وقد رفض أيضاً الحمل الحراري وانتشار قاع البحر. وفي كتاب الحوض والسلسلة، الذي نُشر في 1980، قال جون مكفي: إن واحداً من بين كل ثمانية جيولوجيين أميركيين لم يقبل فكرة الألواح التكتونية آنذاك.

واليوم نعرف أن سطح الأرض مشكل من ثمانية إلى اثني عشر لوحاً كبيراً (وهذا يعتمد على كيفية تحديد الكبر) ومن عشرين أو ما يقارب ذلك من الألواح الأصغر، وأنها كلها تتحرك في اتجاهات مختلفة وبسرعات مختلفة. بعض الألواح كبيرة ومهمدة نسبياً، وبعضها الآخر صغير ولكنه نشيط. ولا تجمعها إلا علاقة تصادفية مع كتل الأرض التي توضع فوقها. فاللوح الأمريكي الشمالي، مثلاً أضخم بكثير من القارة التي يُربط بها. فهو يتبع تقريباً مخطط الساحل الغربي للقارة (لهذا السبب المنطقة ناشطة زلزالياً؛ بسبب ارتجاج واندفاع حد اللوح)، ولكنه يتجاهل الشاطئ وبدلاً من ذلك يمتدّ منتصف الطريق عبر الأطلسي إلى الحيد الذي في منتصفه. أيسلندة منشقة في الوسط، مما يجعلها تكتونياً نصف أمريكية ونصف أوروبية. بينما نيوزلندة هي جزء من لوح المحيط الهندي الضخم بالرغم من أنها ليست قريبة منه. وهكذا المسألة بالنسبة لمعظم الألواح.

إن الروابط بين كتل الأرض الحديثة والسابقة تبدو أكثر تعقيداً مما يمكن أن يتصوره المرء. تبين أن كازاخستان كانت مرتبطة مرة بالنرويج ونيوانجلاند. وإحدى زوايا جزيرة ستيتن، ولكن زاوية واحدة فحسب هي أوروبية. وهكذا جزء من نيوفاوندلاند. التقطوا حصاة من شاطئ في ماساتشوسيتس وستكون الحصاة الأقرب لها الآن في إفريقية. إن الأراضي المرتفعة الأسكتلندية وكثيراً من إسكندنافيا هي أمريكية بالأساس. إن بعض سلسلة شاكلتون من أنتاركتيكا -كما يُعتقد- ربما كانت تنتمي إلى جبال الأبلاش في الروك الروسية الشرقية، باختصار لقد استدارت.

إن الفوضى المستمرة تمنع الألواح من الانصهار في لوح واحد ثابت. ومفترضين أن الأمور ستستمر كما هو الأمر الآن، فإن المحيط الأطلسي سيتوسّع إلى أن يصبح في النهاية أكبر من المحيط الهادئ. سيعوم كثير من كاليفورنية ويصبح نوعاً من مدغشقر المحيط الهادئ. ستندفع إفريقية شمالاً نحو أوروبة، مما سيؤدي إلى اختفاء المتوسط رافعاً سلسلة جبال على غرار جبال الهملايا المهيبة تمتد من باريس إلى كالكوتا. ستستعمر أسترالية جزر شمالها وترتبط بآسية بسرّة برزخية. هذه هي النتائج المستقبلية. والأحداث تحدث الآن. فبينما نجلس هنا، فإن القارات تنجرف، كأوراق في بركة. ولكن بفضل أنظمة الموضعة العالمية نستطيع أن نرى أن أوروبة وأمريكة الشمالية تنفصلان بالسرعة نفسها التي ينمو بها ظفر: تقريباً مترين في مدة حياة إنسان. إذا كنت مستعداً للانتظار مدة أطول، فبوسعك أن تنطلق من لوس أنجلس إلى سان فرانسيسكو. إن قصر العمر فقط هو الذي يمنعنا من إدراك هذه التغيّرات. انظر إلى الكوكب (الجلوب) وما ستراه في الحقيقة هو لقطة خاطفة للقارات كما كانت فقط لعشر من 1% من تاريخ الأرض.

إن الأرض هي الكوكب الوحيد بين الكواكب الصخرية التي تمتلك الألواح التكتونية والسبب في هذا لا يزال لغزاً. إنها ليست مجرد مسألة حجم أو كثافة. إن كوكب الزهرة هو توءم للأرض في هذه المناحي، ومع ذلك ليس فيه نشاط تكتوني، ولكن ربما لدينا فقط المواد المناسبة في المقاييس الصحيحة لجعل الأرض تمور بالحيوية. واعتُقد بالرغم من أن الأمر في الحقيقة ليس إلا مجرد فكرة، أن التكتونيات هي جزء مهم من رفاهة الأرض العضوية. وكما عبّر عن الأمر عالم الفيزياء والكاتب جيمس تريفل: «سيكون من الصعب التصديق بأن الحركة الدائمة للألواح التكتونية ليس لها تأثير على تطور الحياة على الأرض». ويقترح أن التحديات التي تفرضها الألواح التغيرات في المناخ،مثلاً كانت مهمازاً مهماً لتطور الذكاء. ويعتقد آخرون أن الانجرافات القارية من المحتمل أنها أنتجت على الأقل

بعض حوادث الانقراض المتنوعة على الأرض. وفي تشرين الثاني (نوفمبر) 2003 أنتج توني دكسون من جامعة كمبريدج تقريراً -نُشر في مجلة ساينس (العلم)- يقترح بقوة أنه يمكن أن تكون هناك علاقة بين تاريخ الصخور وتاريخ الحياة. ما وصل إليه دكسون هو أن المركب الكيميائي لمحيطات الأرض تبدل بشكل مفاجئ ودرامي في أوقات عبر النصف بليون عام الماضية، وغالباً ما تتواشج هذه التغيرات مع حوادث مهمة في التاريخ البيولوجي: البزوغ الضخم للمتعضيات الصغيرة التي أنشأت الجروف الحوّارية للساحل الإنكليزي الجنوبي، الموضة المفاجئة للأصداف بين المتعضيات البحرية في المدة الكامبرية، وهكذا دواليك.

على أي حال، لم تشرح الألواح التكتونية دينامية سطح الأرض فحسب كيف وصل هيباريون قديم من فرنسة إلى فلوريدة، على سبيل المثال وإنما أيضاً كثيراً من أفعالها الداخلية: الزلازل، وتشكّل سلاسل الجزر، ودورة الكربون، ومواقع الجبال، ومجيء العصور الجليدية، وأصول الحياة نفسها، وبالكاد كانت هناك مادة لم تتأثر مباشرة بهذه النظرية الجديدة اللافتة للنظر. لقد وجد علماء الجيولوجيا أنفسهم -كما قال (مكفي)- في الموقع الذي يسبب الدوار حيث «الأرض كلها صارت مفهومة فجأة».

ولكن إلى نقطة ما فقط. إن توزيع القارات في الأزمنة السابقة حُلّ بطريقة أقل أناقة بكثير مما ظنه الأشخاص جميعاً الذين خارج الجيوفيزياء. وبالرغم من أن الكتب تقدم تمثيلات تبدو واثقة لكتل الأرض القديمة بأسماء مثل لوراسيا، وجوندوانا، ورودينيا وبانجيا، إلا أن هذه كانت تستند أحياناً إلى استنتاجات لا تصمد. وكما قال جورج جيلورد سيمبسون في كتابه المستحاثات وتاريخ الحياة، كان لأنواع النباتات والحيوانات في العالم القديم عادة الظهور بشكل غير مناسب، حيث يجب ألا تظهر وتخفق في أن تكون حيث ينبغي عليها أن تكون.

كان مخطط جوندوانا، التي كانت مرة قارة كبيرة تربط أسترالية وإفريقية وأنتاركتيكة وأمريكة الجنوبية يستند بشكل كبير على توزع جنس قديم من

الأشنيات يُدعى جلوسوبتيريس Glossopteris، اكتُشف في الأمكنة جميعها. على أي حال، بعد زمن طويل فيما بعد اكتشف الجلوسوبتيريس في أجزاء من العالم ليس لها ارتباط معروف بجوندوانا. إن هذا التناقض المزعج كان ولا يزال مغفلاً. وبنحو مشابه، إن زاحفة من العصر الترياسي تُدعى ليستروصوروس lystrosaurus عثر عليها من أنتاركتيكة طوال الطريق إلى آسية، وهذا دعم فكرة ارتباط سابق بين هذه القارات، ولكنها لم تظهر أبداً في أمريكة أو أسترالية، اللتين اعتقد أنهما كانتا جزءاً من القارة نفسها في الوقت نفسه.

ثمة أيضاً كثير من ملامح السطح التي لا تستطيع الألواح التكتونية شرحها. خذوا دنفر مثلاً. إنها -كما يعرف الجميع- مرتفعة ميلاً، ولكن هذا الارتفاع حديث نسبياً. حين كانت الديناصورات تطوف على سطح الأرض، كانت دنفر جزءاً من قاع المحيط، منخفضة آلاف المترات. مع ذلك إن الصخور التي تستقر عليها دنفر لن تكون مسحوقة أو مشوهة لو أن دنفر دُفعت إلى الأعلى من قبل الألواح المصطدمة، وعلى أي حال كانت دنفر بعيدة جداً عن حواف اللوح كي تكون عرضة لأفعاله. سيكون الأمر كما لو أنك تدفع إزاء حافة سجادة، آملاً أن ترفع ثنية في الطرف المقابل. وطوال ملايين السنين يبدو أن دنفر كانت ترتفع بشكل غامض، مثل الخبز داخل بيت النار. وحدث هكذا أيضاً لكثير من جنوب إفريقية؛ ارتفع جزء مؤلف من 1600 كيلومتر نحو كيلومتر ونصف في مئة مليون عام، دون أي نشاط تكتوني معروف مرتبط بذلك. كانت أسترالية -في غضون ذلك- تنحدر وتغوص. وفي الأعوام المئة مليون الماضية، حين انجرفت شمالاً نحو آسية، غاصت حافتها الأساسية إلى عمق 200 قدم تقريباً. ويبدو كأن إندونيسية تغوص ببطء شديد، وتجز أسترالية معها إلى الأسفل. لا شيء في نظرية التكتونيات يشرح أيّاً من هذا.

لم يعش ألفرد فاغنر أبداً كي يرى أفكاره تُثبت. قام وحده برحلة إلى غرينلندة في 1930، في عيد ميلاده الخمسين؛ كي يفحص نقص المؤونة. لم يعد أبداً. عُثر

عليـه بعد أيام عدة مجمـداً حتى الموت في الجليد. دُفن في المـكان نفسه وما يزال قبره هناك، ولكن أقرب نحو متر من أمريكة الشمالية، مما كان عليه يوم موته.

لم يعش آينشتاين أيضاً بما يكفي كي يرى أنه راهن على الحصان الخطأ. وفي الحقيقـة، وافته المنيـة في برنستون، نيوجرسي، عام 1955، قبـل أن يُنشر هجوم تشارلز هابجود المتفّه لنظريات الانجراف القارية.

كان المؤثر الآخر الرئيس في بزوغ نظرية التكتونيات، هاري هيس، في برنستون أيضـاً في ذلـك الوقت، وأمضى بقية حياتـه المهنية هناك. كان أحـد طلابه شاباً متألقـاً يدعـى والتر ألفاريـز، الذي غيّر عـالم العلم في النهايـة بطريقة مختلفة تماماً.

كانـت الانقلابـات الجيولوجية قد بدأت لتوّها، وكان الشـاب ألفاريز هو الذي ساعد على إطلاق هذه العملية.



الباب الرابع

كوكب خطر

يتألـف تاريخ أي جزء من الأرض -مثل حياة الجندي- من مراحل طويلة من الضجر ومراحل قصيرة من الرعب.

عالم الجيولوجيا البريطاني ديريك.يف. آجر

الفصل الثالث عشر

انفجار!

كان الناس يعرفون لوقت طويل أن هناك شيئاً غريباً بخصوص الأرض تحت مانسون، في آيوا. وفي عام 1912 أفاد رجل كان يحفر بئراً لتزويد البلدة بالماء أنه أخرج كثيراً من الصخور المشوّهة بشكل غريب. كانت «صخوراً فلذية بلورية مؤلفة من شظايا زاويّة متلاحمة ذات منشأ ذوباني»، «ومقذوفات بركانية مقلوبة»، كما وُصفت في تقرير رسمي. كان الماء غريباً، أيضاً. كان يَسِراً تقريباً كمياه المطر. ذلك أن الماء اليَسِر الذي يحصل بشكل طبيعي لم يُعثر عليه أبداً في آيوا من قبل.

وبالرغم من أن صخور مانسون الغريبة ومياهها الحريرية كانت مسائل مثيرة للفضول، فقد مرّ واحد وأربعون عاماً قبل أن يتوجّه إلى هناك فريق من جامعة آيوا ويقوم بزيارة إلى الجماعة، التي كانت آنذاك -كما الآن- بلدة يسكنها نحو ألفي شخص في الجزء الشمالي الغربي من الولاية. وفي 1953 -بعد تغطيس سلسلة من المواسير التجريبية السابرة- اتفق علماء الجيولوجيا في الجامعة على أن الموقع شاذ وعزوا الصخور المشوّهة إلى فعل بركاني قديم غير محدد. كان هذا يعكس تماشياً مع حكمة العصر، ولكنه كان أيضاً مغلوطاً بقدر ما يمكن أن يكون استنتاجاً جيولوجياً.

لم تأتِ صدمة جيولوجيا مانسون من داخل الأرض وإنما مما وراء ذلك بمئة مليون عام على الأقل. ففي وقت ما في الماضي الضارب في القدم، حين توضعت مانسون على حافة بحر ضحل، سقطت صخرة عرضها ميل ونصف، ووزنها 10 بلايين طن ومنطلقة بأكثر من سرعة الصوت بمئتي مرة عبر الجو، واصطدمت بالأرض بعنف ومفاجأة ليس بوسعنا تخيلهما. والمكان الذي تتوضع فيه مانسون الآن أصبح في لحظة حفرة عمقها ثلاثة أميال، وعرضها أكثر من 20 ميلاً. إن الحجر الجيري الذي يمنح آيوا في مكان آخر مياهها العسرة المعدنية طُمس، واستُبدل بالصخور السفلية المصدومة التي حيّرت حفّار المياه في 1912.

كان اصطدام مانسون أكبر شيء من أي نوع سبق أن حصل في البر الرئيس للولايات المتحدة. فالحفرة التي خلّفها كانت ضخمة جداً بحيث إذا وقفت على إحدى الحواف لن تكون قادراً على رؤية الجانب الآخر إلا في يوم صحوٍ. ستجعل الجراند كانيون يبدو مألوفاً وسخيفاً. ولسوء حظ محبّي المشهد، ملأت 2.5 مليون عام من الطبقات الجليدية، العابرة حفرة مانسون إلى قمتها بالطَّفل الجليدي ثم درَّجتها وجعلتها ناعمة بحيث إنّ المشهد الطبيعي اليوم في مانسون، ولأميال حولها، صار مسطحاً كالطاولة. ولهذا السبب بالطبع لم يسمع أحد بحفرة مانسون.

وفي مكتبة مانسون يسرّهم أن يطلعوكم على مجموعة من المقالات الصحفية وصندوق من العيّنات الداخلية من برنامج حفر، تم في 1991، والواقع أنه يسرّهم إخراج هذه المواد ولكن عليكم أن تطلبوا رؤيتها. لا شيء يُعرض بشكل دائم ولا يوجد أي مؤشر تاريخي في أي مكان في البلدة.

إن أضخم ما حدث بالنسبة للسكان في مانسون هو الإعصار الذي ضرب مين ستريت في 1979، ودمر المقاطعة التجارية. كانت إحدى فوائد كل تلك الأراضي المنبسطة المحيطة هي أنكم تستطيعون رؤية الخطر من مسافة بعيدة. وتبيّن أن سكان البلدة كلّهم تجمعوا في أحد طرفي مين ستريت، وراقبوا لنصف ساعة تقدم الإعصار نحوهم، آملين أنه سينحرف، ثم ركضوا بسرعة بحصافة حين لم ينحرف. وللأسف، لم يتحرك أربعة منهم بسرعة كافية فقتلهم الإعصار. وفي كل عام في شهر حزيران يتم إحياء المناسبة لمدة أسبوع في مانسون، وهي تُدعى أيام الحفرة Crater Days، وتهدف إلى مساعدة الناس على نسيان تلك الذكرى التعيسة. لكن لا علاقة لها بالحفرة في الحقيقة. ولم يفكر أحد بطريقة؛ كي يفيد من موقع مؤثر غير مرئي.

قالت آنا شلابكول، أمينة المكتبة الودودة في البلدة: «نادراً ما يدخل أشخاص ويسألون إلى أين يجب أن يذهبوا كي يشاهدوا الحفرة، ويكون علينا أن نخبرهم أنه لا يوجد شيء للرؤية ثم يرحلون خائبي الأمل نوعاً ما». على أي حال، إن معظم الناس،

بمـا فيهم سكان آيـوا لم يسمعوا بحفرة مانسون. حتى بالنسبــة لعلماء الجيولوجيا، بالكاد استحقت الذكـر في الحاشية. ولكن مانسون كانت لمدة وجيزة في الثمانينيات مكان الاصطدام الأكثر إثارة على الصعيد الجيولوجي على وجه البسيطة.

بدأت القصة في الخمسينيات حين قام عالم جيولوجيا شاب متألق بزيارة إلى حفـرة النيـزك Meteor Crater في أريزونا. واليوم تُعدّ حفرة النيزك أكثر مواقع الاصطـدام شهرة علـى وجه الأرض وموقع مشهور يجـذب السواح. في تلك الأيام -علـى أي حـال- لم يأتِ إليهـا زوّار كثيرون وكان لا يزال يُشـار إليها باسم حفرة بارنجـر بعـد أن ادعى مهندس ومعدّن ثري يُدعى دانييـل م. بارنجر أنها ملك له في 1903. اعتقـد بارنجر أن الحفرة نجمت عن نيـزك وزنه 10 ملايين طن،كان مثقلاً بالنيكل والحديد، وكان واثقاً من أنه سيجني ثروة من التنقيب فيها. دون أن يدري أن النيزك وكل ما فيه يتبخّر عند الاصطدام؛ ضيّع ثروة في ذلك، وفي الست والعشرين سنة اللاحقة حفر أنفاقاً لم تؤدِ إلى أي شيء.

وبمعاييـر اليـوم، كان البحث في الحُفَـر في أوائل التسعينيـات شيئاً تافهاً غير متطـور، هذا إذا قلنا أقل شيء. وقام المستكشـف الأول البارز، ج.ك. جلبرت من جامعـة كولومبيا بتقليـد تأثيرات الاصطدام عبر قذف الرخـام في آنية من دقيق الشوفان. (ولأسباب لا أستطيع إيرادها قام جبلرت بهذه التجارب ليس في مختبر في كولومبيا وإنما في غرفة فندق). نوعاً ما، استنتج جلبرت من هذا أن حفر القمر ناجمة عن اصطدام، وكانت هذه فكرة راديكالية في ذلك الوقت ولكن حُفَر الأرض لم تنتـج عن هــذا. ورفض معظم العلماء أن يذهبوا حتــى إلى هذا الحد. بالنسبة لهـم، كانت حفر القمر أدلة على براكين قديمة لا أكثر. وكانت الحفر القليلة التي بقيـت واضحة على الأرض (معظمهــا تآكل) تُعزى عادة إلى علـل أخرى، أو نُظر إليها كحالات نادرة حدثت بالمصادفة.

وفي الوقـت الذي جـاء فيه شوميكـر، كانت وجهــة النظر السائـدة أن الحفر النيزكيــة ناجمــة عــن انفجار بخـاري تحت الأرضـ. لم يكن شوميكـر يعرف أي

شـيء عن الانفجـارات البخارية تحت الأرض لم يستطـع أن يعرف؛ لأنها لا توجد ولكنـه كان يعرف كل شيء عن مناطق الانفجار. كانت إحدى وظائفه خارج الكلية هـي دراسة حلقات الانفجار في مكان الاختبار النووي يـوكا فلاتس في نفادا. وقد استنتـج -كمـا فعل بارنجـر قبله- أنه ليس هنـاك أي شيء في الحفـرة النيزكية يوحي بنشاط بركاني، وإنما حدث توزيع ضخم لمواد أخرى من قطعٍ شاذةٍ وجميلةٍ من معدن السليكا والأحجار المغنطيسية بشكل رئيس أوحت باصطدام من الفضاء الخارجي. مسحوراً، بدأ يدرس الموضوع في أوقات فراغه.

حـين عمل في البدايـة مع زميلته إلينـور هيلين وفيما بعد مـع زوجته كارولين، ومساعـده ديفد ليفي، بدأ شوميكر مسحاً منهجيـاً للمنظومة الشمسية الداخلية. كانوا يمضون أسبوعاً كل شهر في مرصد بالومار في كاليفورنية باحثين عن أجرام عن كويكبات خاصة، كانت تحملها مساراتها عبر مدار الأرض.

بعد بضع سنـوات قال شوميكر متذكراً في حوار عبر شاشة التلفاز: «في الوقت الـذي بدأنا فيه، لم يحـدث أن رُصد أكثر من دزينتين من هذه الأجرام في المجرى الكامل للرصد الفلكي». وأضاف: «إن علماء الفلك في القرن العشرين تخلوا بشكل جوهري عن المنظومة الشمسية. فقد وجّهوا انتباههم إلى النجوم، والمجرات».

مـا اكتشفـه شوميكر وزملاؤه أنـه كان هناك المزيد مـن المجازفة هناك كمية أكبر بكثير مما سبق أن تصور أي شخص.

* * *

إن الكويكبـات -كما يعرف معظـم النـاس- هي أجرام صخرية تدور في تشكيل فضفاض في حـزام بين المريخ والمشـترى. وتبدو في الرسوم دومـاً كأنها توجد في خليـط غـير منظم، ولكنّ المنظومـة الشمسية هـي في الواقع مـكان متسع، ويبعد الكويكـب العادي نحو مليون ونصف كيلومتر عن أقـرب جارٍ له. لا أحد يعرف كم عـدد الكويكبات التي تندفع عبر الفضاء، ولكـن يُعتقد أن العدد على الأرجح ليس أقل من بليون. ويُفترض أنها كوكب لم ينجح في التشكّل أبداً، بسبب الدفع الجاذبي المقلقل لكوكب المشترى، الذي منعها ويمنعها من الاندماج.

حين رُصدت الكويكبات لأول مرة في العقد الأول من القرن التاسع عشر اكتُشف الأول في اليوم الأول من القرن من قبل صقليّ يُدعى جيوسيبي بيازي، اعتقد أنها كواكب، وسُمّيَ أول اثنين سيرس وبالاس. وقام عالم الفلك وليم هيرشل باستنتاجات عدة تفيد أنها ليست بحجم الكوكب وإنما أصغر بكثير. سماها كويكبات؛ الكلمة اللاتينية عن شبيه النجم، وكان هذا من قبيل سوء الحظ قليلاً بما أنها لا تشبه النجوم على الإطلاق. وتُدعى الآن أحياناً بشكل أكثر صحة الكويكبات السيّارة.

صار اكتشاف الكويكبات نشاطاً شعبياً في ثمانينيات القرن التاسع عشر، وفي نهاية القرن عُرف نحو ألف كويكب. والمشكلة هي أنه لم يكن هناك أحد يسجلها بشكل منهجي. وفي أوائل التسعينيات، كان من المستحيل على الأغلب معرفة إن كان كويكب قد بزغ في مدى النظر جديداً، أو أنه واحد شوهد سابقاً ثم فُقد أثره. في ذلك الوقت، تطورت الفيزياء الفلكية كثيراً بحيث إنّ قلة من علماء الفلك أرادوا أن يكرسوا حياتهم لأي شيء دنيوي ككويكبات صخرية. فقط قلة، وبشكل ملحوظ جيرارد كويبر Gerard Kuiper عالم الفلك الذي ولد في هولندة، الذي سمّي على اسمه حزام كويبر Kuiper belt من الشهب، اهتموا بالمجموعة الشمسية. وبفضل عمله في مرصد مكدونالد في تكساس، وتبعه فيما بعد عمل قام به الآخرون في ماينور بلانيت سنتر في سينسيناتي ومشروع مراقبة الفضاء في أريزونا، تم إعداد قائمة طويلة من الكويكبات الضائعة تدريجياً حتى نهاية القرن العشرين. كان هناك كويكب واحد لم يفسّر، جرمٌ يدعى 719 ألبرت. كانت آخر مرة شوهد فيها هي تشرين الأول 1911، ورُصد أخيراً في عام 2000 بعد أن كان مفقوداً لمدة 89 سنة.

وهكذا، من وجهة نظر بحث الكويكبات كان القرن العشرون في جوهره تمريناً طويلاً في مسك الحسابات. وفي الأعوام القليلة الأخيرة فحسب بدأ علماء الفلك يحصون ويراقبون بقية جماعة الكويكبات. وفي تموز 2001، تم تسمية وتحديد 26000 كويكب نصفها في العامين الماضيين فحسب. وبوجود مليون يجب تحديدها، فإن إحصاءها بالكاد قد بدأ.

وبمعنى ما غير مهم، إن تحديد كويكب لا يجعله آمناً. حتى لو أن كل كويكب في المنظومة الشمسية كان له اسم ومدار معروف، لا أحد يستطيع القول أي اضطراب لا يمكن أن يقذف أحدها نحونا. لا نستطيع التنبؤ باضطراب الصخور على سطحنا الخاص. اجعلوا تلك الصخور طافية في الفضاء وما يمكن أن تفعله لا يمكن تخمينه. إن أي كويكب هناك في الأعلى وضعنا له اسماً من المحتمل جداً ألا يكون له اسم آخر.

فكّروا بمدار الأرض على أنه نوع من طريق سيارة ونحن العربة الوحيدة التي تسير عليه، ولكن يعبره بنحو منتظم عابرون لا يعرفون بما يكفي كي ينظروا قبل أن يسقطوا عن الحافة. إن 90% على الأقل من هؤلاء العابرين غير معروفين لنا. لا نعرف أين يعيشون، وأي أنواع من الساعات يستخدمون، وكيف غالباً يعترضون طريقنا. وكل ما نعرفه هو أنه في نقطة ما، وفي فواصل غير محددة، يندفعون على الطريق الذي نسير عليه بسرعة تتجاوز مئة ألف كيلومتر في الساعة. وكما عبّر عن الأمر ستيفن أوسترو من مخبر جيت بروبلشن: «افترض أن هناك زراً تستطيع الضغط عليه، وتستطيع أن تضيء الكويكبات العابرة للأرض جميعاً بأكثر من نحو عشرة أمتار، فسيكون هناك أكثر من مئة مليون من هذه الأجرام في السماء». باختصار، لن ترى ألفي نجم متلألئ وإنما ملايين فوق ملايين من الأجرام الأقرب التي تتحرك بشكل عشوائي، و«جميعها قادرة على الاصطدام بالأرض، وكلها تتحرك على مسارات مختلفة بشكل ضئيل عبر السماء بسرعات مختلفة. سيكون هذا مثيراً للأعصاب جداً».

اعتُقد بكل ما للكلمة من معنى بالرغم من أن الأمر في الواقع مجرد تخمين يستند إلى التقدير الاستقرائي من نسب التوهّد على القمر، أن نحو ألفي كويكب كبيرة بما يكفي ليعرض الوجود المتحضّر للخطر ويعبر مدارنا بشكل منتظم. ولكن حتى كويكب صغير بحجم منزل، مثلاً يمكن أن يدمّر مدينة. إن عدد هذه الكويكبات الصغيرة النسبية في المدارات التي تعبر الأرض، هو بالتأكيد مئات

الألوف ومن المحتمل أن يصل إلى الملايين، ومن المستحيل تقريباً رصدها.

لم يحدد الكويكب الأول حتى 1991، وكان هذا بعد أن عبر. دعي 1991 ب.أ، ولوحظ وهو يعبرنا على بعد 170,000 كيلومتر، بالمصطلحات الكونية ما يكافئ رصاصة تمر عبر كُمٍّ شخص دون أن تلمس ذراعه. بعد عامين، أخطأنا كوكب فقط بـ145,000 كيلومتر، وهذا أقرب عبور سُجِّل حتى الآن. وهو أيضاً لم يُشاهد إلى أن عبر وكان سيصل دون تحذير. وبحسب تيموثي فيريس -الذي كتب في نيويوركر- إن هذا الخطأ القريب يحدث على الأرجح مرتين أو ثلاث مرات أسبوعياً ولا يُلاحظ.

إن جرماً بعرض مئة متر لا يمكن أن يرصده أي تلسكوب على الأرض، حتى يصير على بعد أيام عدة عنا، وهذا يحدث إذا كان التلسكوب مدرباً على رصده، وهذا غير مرجّح؛ لأنه حتى الآن إن عدد الأشخاص في العالم الذين يبحثون بشكل نشيط عن الكويكبات، هم أقل من موظفي مطعم مكدونالد عادي (إنه أعلى الآن نوعاً ما. ولكن ليس كثيراً).

بينما كان جين شوميكر يثير الناس حول الأخطار المحتملة للمنظومة الشمسية الداخلية، حدث تطور آخر غير ذي صلة بشكل كامل في ظاهره في إيطالية في عمل عالم جيولوجيا شاب من مرصد لامونت دوهرتي في جامعة كولومبيا. في أوائل السبعينيات، كان والتر ألفاريز يقوم بعمل ميداني في شِعب جبلي جميل يُدعى بوتاسيوني جورجي Bottaccione Gorge، قرب البلدة الجبلية الأمبرية التي تدعى جوبيو، حين أثارت فضوله طبقة من الطين الأحمر رقيقة تفصل طبقتين قديمتين من الحجر الجيري: واحدة من العصر الطباشيري، والأخرى من العصر الثلثي. وهذه نقطة معروفة في الجيولوجيا باسم حد كي تي، وتحدد زمن اختفاء الديناصورات قبل 65 مليون سنة، مع نصف الأنواع الأخرى من حيوانات العالم فجأة من سجل المستحاثات. تساءل ألفاريز: ما الذي في طبقة رقيقة من الطين، لا تصل سماكتها إلى 6 مليمترات، يمكن أن يفسّر لحظة (درامية) كهذه في تاريخ الأرض؟

كانت الفكرة التقليدية عن انقراض الديناصورات في ذلك الوقت، هي نفسها التي كانت في أيام تشارلز ليل قبل قرن، ومفادها أن الديناصورات انقرضت منذ أكثر من ملايين الأعوام. ولكن رقة طبقة الطين أوحت أنه في أمبريا -إن لم يكن في مكان آخر- حدث شيء مفاجئ. ولسوء الحظ، لم يكن هناك اختبارات في السبعينيات لتحديد «كم استغرق تراكم هذا الترسب».

وفي المجرى العادي للأمور، كان من المؤكد أن ألفاريز سيضطر إلى ترك المسألة عند هذا الحد؛ ولكن لحسن الحظ كانت تجمعه رابطة لا تنفصم مع شخص من خارج سلكه يستطيع مساعدته، وهو والده لويس. كان لويس ألفاريز عالم ذرة مبرّزاً؛ وقد حصل على جائزة نوبل في الفيزياء في العقد السابق. وقد كان دوماً يزدري بخفة ارتباط ولده بالصخور، ولكن هذه المشكلة سحرته. وخطر له أن الإجابة يمكن أن تكمن في غبار من الفضاء.

كل عام تُراكم الأرض نحو ثلاثين ألف طن من «الأجسام الكروية الكونية» الغبار الفضائي، بلغة أبسط الذي سيكون كثيراً جداً إذا ما جُمع في كومة واحدة، ولكنه يكون متناهي الصغر إذا ما فُرش على الكوكب. وفي هذا الغبار الرقيق تتبعثر عناصر غريبة لا يُعثر عليها عادة كثيراً على الأرض. وبين هذه العناصر هناك عنصر الإريديوم، الذي هو متوافر في الفضاء أكثر بألف مرة من توافره في قشرة الأرض (ويُعتقد أن السبب في ذلك أن معظم الإريديوم في الأرض غاص إلى اللب، حين كان الكوكب فتياً).

عرف لويس ألفاريز أن زميلاً له في مخبر لورنس بيركلي،هو فرانك آسارو، طوّر تقنية تقيس بشكل دقيق جداً المركّب الكيميائي للمواد الطينية عبر عملية تُدعى تحليل تنشيط النيوترون. ويشمل هذا قصف عينات بالنيترونات في مفاعل نووي صغير، وإحصاء أشعة غاما التي تنبعث بدقة؛ كان هذا عملاً صعباً جداً. وقد استخدم آسارو سابقاً التقنية لتحليل قطع فخار، ولكن ألفاريز فكر أنه إذا قاسوا كمية واحد من العناصر الغريبة في عيّنات التربة، التي أحضرها ولده،

وقارنوا ذلك بنسبة إيداعها السنوي، فسيعرفون كم استغرق تشكل العينات. وفي ظهيرة أحد أيام شهر تشرين الأول في 1977 زار (لويس) و(والتر ألفاريز) آسارو وطلبا منه أن يجري الاختبارات الضرورية لهما.

كان هذا طلباً وقحاً. كانا يطلبان من آسارو أن يكرس أشهراً؛ كي يقوم بالقياسات المرهقة للعينات الجيولوجية فقط، كي يؤكد ما بدا جلياً بشكل كامل، وهو أن طبقة الطين الرقيقة تشكلت بسرعة كما توحي رقتها. وبالتأكيد لم يتوقع أحد أن يؤدي مسحه إلى أي فتوحات علمية مثيرة.

وتذكّر آسارو في مقابلة أُجريت معه في 2002: «حسناً، كانت مبهجة جداً، ومقنعة جداً. وبدت تحدياً مهماً، وهكذا وافقت على المحاولة. ولسوء الحظ، كان لديّ كثير من العمل الآخر القائم، وهكذا مرّت ثمانية أشهر قبل أن أستطيع البدء». وقال عائداً إلى ملحوظاته المدونة عن تلك المدة: «في 21 حزيران عام 1978، في الساعة الثانية إلا ربعاً بعد الظهر، وضعنا عيّنة في الفاحص. اشتغل لمدة 224 دقيقة وشعرنا أننا نحصل على نتائج مهمة، فأوقفناه وألقينا نظرة.

كانت النتائج غير متوقّعة بحيث إنّ العلماء الثلاثة فكروا في البداية أنهم يجب أن يكونوا مخطئين. كانت كمية الإريديوم في عيّنات ألفاريز أكبر بثلاث مئة مرة من المستويات العادية، وكان هذا يتجاوز توقعاتهم بكثير. وفي الأشهر الآتية عمل آسارو وزميلته هيلين ميشيل ثلاثين ساعة على نحو متواصل («حالما تبدأ لا تستطيع التوقّف، كما قال آسارو) وهما يحللان العيّنات، ودائماً كانا يصلان إلى النتائج نفسها من الدانمرك، وإسبانية، وفرنسة، ونيوزلندة وأنتاركتيكة وتبيّن أن ترسب الإيريديوم كان في كل أنحاء العالم ومرتفعاً بشكل كبير في كل مكان، وأحياناً أكثر بخمس مئة مرة من المستويات العادية. كان من الواضح أن شيئاً ما كبيراً ومفاجئاً؛ وعلى الأرجح جائحة، أنتجت هذا النتوء المعدني.

بعد كثير من التفكير، استنتج ألفاريز وابنه أن الشرح الأكثر تصديقاً لهما على أي حال أن نيزكاً أو كويكباً صدم الأرض.

إن فكرة أن الأرض يمكن أن تكون معرضة لاصطدام مدمر بين مدة وأخرى لم تكن جديدة تماماً كما اقترح الآن. ففي عام 1942، اقترح عالم فيزياء فلكية من جامعة نورثويسترن يدعى رالف ب. بالدوين احتمالاً كهذا في مقال نشره في مجلة ببيولار أسترونومي. (نشر المقالة في هذه المجلة؛ لأنه لم يكن هناك ناشر أكاديمي مستعد لنشرها). وعلى الأقل، قام عالمان مشهوران هما عالم الفلك إرنست أوبك وعالم الكيمياء الحاصل على جائزة نوبل هارولد أوري بإعلان دعمهما للفكرة في أوقات مختلفة. وحتى بين علماء الإحاثة كان هذا معروفاً. وفي 1955 توقع أستاذ في جامعة ولاية أوريغن يدعى م.دبليو. دي لوبنفيلز، الذي كان يكتب في جورنال أوف باليونتولوجي (مجلة علم الإحاثة)، نظرية ألفاريز حين اقترح أن الديناصورات يمكن أنها تلقت ضربة قاضية باصطدام من الفضاء، وفي عام 1970 اقترح رئيس الجمعية الأميركية لعلم الإحاثة ديوي ج.مكلارين في الاجتماع السنوي للجمعية احتمال أن صدمة من الفضاء الخارجي كانت سبب الحدث الأول، الذي يُعرف باسم الانقراض الفرانزي Frasnian.

وكما لو أن الأمر هو من أجل التشديد على أنه كيف صارت الفكرة غير جديدة في ذلك الوقت، أنتج إستوديو تابع لهوليود في عام 1979 فيلماً بعنوان النيزك (عرضه خمسة أميال... وهو قادم بسرعة 30,000 ميل في الساعة. وما من مكان للاحتماء به!) وكان من بين الممثلين جون فوندا وناتالي وود وكارل مالدن وصخرة كبيرة جداً.

وهكذا حين أعلن ألفاريز ووالده في الأسبوع الأول من عام 1980 -في اجتماع الجمعية الأميركية للتقدم العلمي- اعتقادهما بأن انقراض الديناصورات لم يحدث في مدى ملايين الأعوام كجزء من عملية ما بطيئة لا ترحم، وإنما فجأة، وفي حدث انفجاري واحد، يجب ألا يكون قد سبب هذا صدمة.

ولكن هذا الإعلان سبب صدمة. تم تلقيه في كل مكان؛ ولكن خصوصاً في عالم علم الإحاثة، كهرطقة فاقعة.

قال آسارو: «لا بد أنك تتذكر أننا كنا ناضجين في هذا الميدان. كان والتر عالم جيولوجيا مختصاً في دراسة المغنطيسية القديمة، كان لويس عالم فيزياء وكنت أنا عالم كيمياء نووية. والآن ها نحن نخبر علماء الإحاثة بأننا حللنا مشكلة لم يحلوها طوال قرن. وليس من المفاجئ بشكل كبير أنهم لم يتقبلوا الفكرة على الفور». وكما علّق مازحاً لويس آلفاريز: «لقد قُبض علينا ونحن نمارس علم الجيولوجيا دون رخصة».

ولكن كان هناك أيضاً شيء ما أكثر عمقاً وأكثر بغضاً في نظرية الاصطدام. إن الاعتقاد بأن العمليات الأرضية كانت تدرجية، كان أساسياً في التاريخ الطبيعي منذ زمن ليل. وفي الثمانينيات، كانت نظرية الجوائح خارج المعتاد (الموضة) طويلاً بحيث إنّها صارت غير قابلة للتفكير. وبالنسبة لمعظم علماء الجيولوجيا كانت فكرة الاصطدام الكارثي -كما نوّه يوجين شوميكر- «ضد دينهم العلمي».

لم يساعد أن لويس ألفاريز كان يزدري علناً علماء الإحاثة وإسهاماتهم في المعرفة العلمية. فقد قال في مقال واخزٍ نشر في مجلة نيويوركر: «ليسوا في الحقيقة علماء جيدين جداً. إنهم مثل جامعي الطوابع».

وقام معارضو نظرية ألفاريز بنشر ما يقدرون عليه من الشروح البديلة لترسبات الإيريديوم، مثلاً قالوا: إنها تولدت من انفجارات بركانية مطوّلة في الهند تُدعى الدكن البركاني Deccan Traps (وأتت كلمة trap من كلمة سويدية لنوع من أنواع الحمم البركانية، وكلمة Deccan هي اسم المنطقة اليوم). وألحوا قبل كل شيء أنه لم يكن هناك برهان على أن الديناصورات اختفت فجأة من سجل المستحاثات عند حد الإريديوم. وكان أقوى المعارضين هو تشارلز أوفيسر من كلية دارتماوث. ألح على أن الإريديوم أُودع بسبب النشاط البركاني حتى عندما كان يسلّم في مقابلة صحفية أنه لا يملك دليلاً فعلياً على ذلك. وفي أواخر 1988، كان نصف علماء الإحاثة الذين شملهم مسح يعتقدون أن انقراض الديناصورات لم تكن له علاقة بأي طريقة باصطدام كوكب أو نيزك بالأرض.

كان الشيء الوحيد الذي سيدعم بشكل أكثر وضوحاً نظرية ألفاريز هو الشيء الوحيد الذي لم يمتلكاه: موقع اصطدام. يظهر يوجين شوميكر. كان لشوميكر صلة في آيوا. كانت كنّته تعلّم في جامعة آيوا، وكان يعرف عن حفرة مانسون من دراساته. وبفضله، استدارت الأعين جميعاً إلى آيوا الآن.

* * *

إن علم الجيولوجيا مهنة تتنوع بين مكان وآخر. ففي آيوا -الولاية المنبسطة ولكن غير المستوية على مستوى الطبقات- يميل هذا العلم إلى الهدوء. لا يوجد قمم ألبية أو مجالد شاحذة، ولا إيداعات كبيرة من النفط أو المعادن الثمينة، ولا تلميح عن تدفق فلذي بركاني. إذا كنت عالم جيولوجيا موظفاً لدى ولاية آيوا فإن الجزء الأكبر من العمل الذي تقوم به هو تقدير خطط تدبير السماد، ويُطلب من كل «المشتغلين في توليد الحيوانات في الولاية»، ومن مربي الخنازير، وبقيتنا، أن يضبّروها دورياً. هناك 15 مليون خنزير في آيوا، وهكذا فهناك كثير من السماد للعناية به. أنا لا أسخر من هذا مطلقاً، «إنه عمل حيوي ومهم؛ يبقي مياه آيوا نظيفة. ولكن عملاً كهذا لا يجعلك تلجأ إلى المراوغة كي تتجنب قنابل بركانية من الحمم على جبل بيناتوبو، أو إلى الزحف فوق الصدوع على جليد غرينلندة؛ بحثاً عن الكوارتز الحامل للحياة. وهكذا نستطيع أن نتخيل فوران الإثارة التي اجتاحت قسم المصادر الطبيعية في آيوا، حين تركز الانتباه الجيولوجي العالمي في منتصف الثمانينيات على مانسون وحفرتها.

بنيت قاعة تروبريدج من الآجر الأحمر في بداية القرن في آيوا وتحتوي على قسم علوم الأرض التابع لجامعة آيوا. وفي الطريق إلى الأعلى في نوع من العلية يجلس علماء الجيولوجيا التابعون لقسم المصادر الطبيعية في آيوا. لا أحد يستطيع أن يتذكر الآن متى، أو لماذا، وُضع علماء الجيولوجيا في الولاية في منشأة أكاديمية، ولكنك تحصل على انطباع بأنهم قبلوا المكان على مضض، ذلك أن المكاتب ضيّقة ومنخفضة السُّقُف، ومن الصعب الوصول إليها. وحين يستقبلونك، تكون نصف متوقع بأنهم سيدخلونك إلى عليّة، ويساعدونك على الدخول من نافذة.

يمضي (ري أندرسون) و(بريان ويتزكي) حياتهما العملية هنا وسط أكوام غير مرتبــة من الأوراق والمجلات والخرائط المرمية على الأرض وعينات أحجار ثقيلة. (إن علمــاء الجيولوجيا لا يرتبكون أبداً من الأثقال التي توضع على الأوراق). وفي مكان كهذا يمكنك أن تعثر على أي شيء: كرسي إضافي، وكوب قهوة، وهاتف يرن، وستضطر إلى إزاحة أكوام الوثائق من حولك.

«فجأة صرنا في مركز الأمور»، أخبرني أندرسون وهو يتوهج من تذكره للأمر، حــين التقيت به هو وويتزكي في مكتبهمــا في صباح ممطر كريه في حزيران. «كان وقتاً رائعاً».

سألتــه عن يوجين شوميكر، الرجل الذي يبــدو كأنه محترم عالمياً. «كان شخصاً عظيمــاً»، أجاب ويتزكــي دون تردد: «لولاه لما حدث شيء مــن هذا. حتى بدعم منه، استغرق حدوث الأمر عامين. إن الحفر عمل مكلف جداً، كان حفر مسافة قدم يكلف نحو 35 دولاراً آنذاك، أما الآن فيكلف أكثر، وكان علينا أن نحفر ثلاثة آلاف قدم».

أضاف أندرسون: «وأحياناً أكثر من هذا».

ووافقــه ويتزكــي: «وأحيانــاً أكثر مــن هــذا. وفي مواقع مختلفة. وهكــذا فأنت تتحدث عن كثير من النقود. وبالتأكيد أكثر مما تسمح به ميزانيتنا».

وهكــذا تم تعــاون بــين قسم المســح الجيولوجــي في آيــوا والمســح الجيولوجي الأمريكي.

قال أندرسون بابتسامة مؤلمة: «على الأقل اعتقدنا أنه تعاون».

وتابــع ويتزكي: «لقد كان منحنى تعليمياً حقيقياً لنا. كان هنــاك في الواقع كثير مــن العلم الرديء في أثنــاء تلك المــدة. كان النــاس يتسرعون في الوصول إلى نتائج لم تصمد دوماً أمام الفحص». حصلت إحدى هذه اللحظات في الاجتماع السنوي لاتحــاد الجيوفيزيائيين الأميركيين في 1985، حين أعلن غلين إزيت وسي.ل.بلمور مــن المسح الجيولوجي الأميركي أن حفرة مانســون كانت في العصر المناسب ولها

علاقــة بانقراض الديناصــورات. جذب الإعلان انتباه الصحافــة ولكنه كان قبل أوانــه لسوء الحظ. وكشف فحص أكثر دقة للمعطيــات أن مانسون لم تكن حديثة العهد، وإنما عمرها عشرة ملايين عام.

علم أندرســون وويتزكي أول مرة بهذه النكسة التي حلت بمهنتهما حين وصلا إلــى مؤتمر في ســاوث داكوتا، ووجدا الأشخاص ينظــرون إليهما بشفقة ويقولون: «سمعنــا أنكما فقدتما حفرتكمــا». ووصلت إليهما أنباء بــأن إزيت وعلماء آخرين من المسح الجيولوجي الأميركي أعلنوا لتوهم أرقاماً تكشف أن مانسون لا يمكن أن تكون حفرة الانقراض.

قال أندرسون متذكراً: «كان هذا مذهلاً. أعني كان لدينا هذا الشيء الذي كان في الواقع بالغ الأهمية وفجأة فقدناه. والأسوأ من ذلك هو اكتشافنا أن الأشخاص، الذين اعتقدنا أننا كنا نتعاون معهم لم يزعجوا أنفسهم بإطلاعنا على مكتشفاتهم الجديدة».

«لماذا لم يفعلوا؟»

هــز كتفيه. «من يعرف؟ على أي حال، كشف هــذا جيداً كيف يمكن أن يصبح العلم فاقداً للجاذبية حين تلعب على مستوى معيّن».

انتقــل البحث إلى مكان آخــر. وبالمصادفة، التقى الباحث آلــن هلدبراند من جامعــة آريزونا في عــام 1990 بصحفي من صحيفة هوستون كرونيكل صادف أنه كان يعــرف عن تشكّل حفرة كبيرة غــير مشروحة، عرضها 193 كيلومتراً وعمقها 48 كيلومــتراً تحــت شبه جزيــرة يوكاتــان في تشيكسولوب بمكسيكــو قرب مدينة بروجريســو، تبعد إلــى الجنوب وبخط مستقيــم 950 كيلومتراً عن نيــو أورليانز. عــثرت علــى الحفرة (بيمكس)؛ شركــة النفط المكسيكيــة، في 1952، العام الذي زار فيــه شوميكــر، بالمصادفة، وأول مــرة حفرة النيزك في أريزونــا، ولكن علماء الجيولوجيــا في الشركــة استنتجــوا أنهــا بركانيــة، متماشين مع التفكــير السائد آنــذاك. سافر هلدبراند إلى الموقع وقرّر بسرعــة أنهم حصلوا على حفرتهم. وفي

أوائل 1991 بُرهن بطريقة أرضت الجميع تقريباً أن تشيكسولوب حفرة ناجمة عن اصطدام.

لم يستوعب كثيرون ما يمكن أن يفعله الاصطدام. وكما قال ستيفن جي جولد في أحد مقالاته: «أتذكر أنني كنت أحتفظ ببعض الشكوك الأولية القوية عن فاعلية حدث كهذا... لماذا يسبّب جرم عرضه ستة أميال دماراً كهذا في كوكب يبلغ قطر دائرته ثمانية آلاف ميل؟».

حدث اختبار للنظرية طبيعي وملائم على الفور بعد أن اكتشف آلان شوميكر وليفي نيزك شوميكر- ليفي 9. و للمرة الأولى، سيكون البشر قادرين على أن يشهدوا اصطداماً كونياً، وبفضل تلسكوب هبل الفضائي الجديد. وتوقع معظم علماء الفلك القليل كما أفاد كورتيس بيبلز، وخصوصاً بما أن النيزك لم يكن كرة متناغمة وإنما خيطاً من إحدى وعشرين قطعة. وكتب مرة: «أشعر أن المشترى سيبتلع تلك النيازك دون أن يتجشأ». وقبل أسبوع من الاصطدام نشرت مجلة نيتشر مقالاً بعنوان «الإخفاق الكبير قادم»، تنبأ بأن الاصطدام لن يسبب أي شيء سوى مطر من الشهب.

بدأت الاصطدامات في 16 تموز 1994، تواصلت لأسبوع وكانت أكبر بكثير مما توقع أي شخص باستثناء جين شوميكر. ذلك أن قطعة واحدة سُمِّيت النواة ج ضربت بقوة ستة ملايين ميغا طن، وكانت أقوى بخمس وسبعين مرة من الأسلحة النووية الموجودة في العالم. كانت النواة ج بحجم جبل صغير فحسب، ولكنها سببت جراحاً في سطح المشترى بحجم الكوكب الأرضي. كانت هذه هي الضربة الأخيرة لنقاد نظرية ألفاريز.

لم يعرف لويس ألفاريز أبداً عن اكتشاف حفرة تشيكسولوب أو نيزك شوميكر ليفي، بما أنه توفي في 1988. توفي شوميكر باكراً أيضاً. في الذكرى الثالثة لاصطدام المشترى، كان هو وزوجته في المنطقة الريفية من أسترالية، حيث كانا يذهبان كل عام بحثاً عن مواقع الاصطدام. وعلى مسار متسخ في صحراء تاناماني أحد أكثر

الأمكنة فراغاً في العالم، سارا فوق مرتفع بسيط فيما كانت سيارة أخرى تقترب. قتل شوميكر على الفور، وتأذت زوجته. أُرسل بعض رماده إلى القمر على متن المركبة الفضائية ليونار بروسبكتور. ونُثر ما تبقى حول حفرة النيزك.

* * *

لم يعد أندرسون وويتزكي يملكان الحفرة التي قتلت الديناصورات «ولكن لا يزال لدينا حفرة الاصطدام الأكبر والمحفوظة بشكل تام في البر الرئيس للولايات المتحدة»، كما قال أندرسون. (ثمة حاجة إلى براعة لغوية للحفاظ على وضع مانسون المغالى فيه). (إن الحفر الأخرى أكبر على ما يبدو، خليج تشيسابيك، الذي عرف بأنه موقع اصطدام في 1994 ولكنها ليست على مبعدة من الشاطئ أو مشوهة). وأضاف أندرسون: «تشيكسولوب مدفونة تحت كيلومترين أو ثلاثة من الحجر الجيري ومعظمها على مبعدة من الشاطئ، مما يجعل من الصعب دراستها. بينما مانسون في متناول اليد. وبالفعل هي غير مخرّبة نسبياً؛ لأنها مدفونة».

سألته إن كنا سنتلقّى إنذاراً إذا اندفعت صخرة مشابهة نحونا اليوم. أجاب أندرسون بمرح: «آه، ربما لا شيء. لن تكون مرئية للعين المجردة إلى أن تسخن ولن يحدث هذا إلى أن تضرب الغلاف الجوي، وسيحدث هذا في ثانية واحدة قبل أن تضرب الأرض. أنت تتحدث عن شيء يتحرك بسرعة أكبر من أسرع طلقة بعشرات المرات. إلا إذا شاهدها أحد ما بالتلسكوب، وهذا غير مؤكد، إنها ستباغتنا.

تعتمد قوة اصطدام الجسم الصادم على متغايرات كثيرة مثل زاوية الدخول والسرعة والمسار، وعلى إنّ كان الاصطدام مباشراً أو من زاوية، وكتلة وكثافة الجسم الصادم، وبين أمور أخرى كثيرة. ولا نستطيع أن نعرف كثيراً منها لملايين من السنين بعد حدوثها. ولكن ما يستطيع العلماء القيام به وما فعله أندرسون وويتزكي هو قياس موقع الاصطدام وحساب كمية الطاقة الناجمة التي

يطلقهـا. يستطيعان أن يستنتجا من هذا مشاهد معقولة عن: كيف ينبغي أن يكون الاصطدام، أو بشكل مخيف أكثر، كيف سيكون إذا حدث الآن.

إن كويكبـاً أو نيـزكاً يسافـر بسرعات كونيـة سيدخل المجال الجـوي للأرض بسرعـة، بحيث إنّ الهواء الـذي تحته يزاح من الطريـق ويُضغط، كما في مضخة دراجـة. إن أي شخصـص استخدم مضخة كهذه يعرف أن الهـواء المضغوط يسخن بسرعـة، والحـرارة تحته ترتفع إلى 60,000 كلفين (وحـدة الحرارة المطلقة)، أو أكـثر من حـرارة سطح الشمس بعشر مرات. في لحظة وصولـه إلى جوّنا، فإن كل شـيء في طريـق النيزك الناس والمنـازل والمعامل والسيـارات سيتغضّن ويتلاشى كالسلوفان في اللهب.

بعـد ثانيـة من دخول الجـو سيضرب النيـزك سطح الأرض حيـث كان سكان مانسون قبل لحظة يخرجون إلى أعمالهم. وسيتبخر النيزك نفسه على الفور ولكن الانفجـار سيشمـل 1000 كيلومتر مكعـب من الصخر والتربة والغـازات المسخنة بشـكل كبـير. وكل مـا هو حي على مـدى 250 كيلومـتراً لم تقتله حـرارة الدخول سيقتله الانفجار. وسيكون الإشعاع المندفع إلى الأمام بسرعة الضوء تقريباً الموجة الصادمة الأولى، التي تكنس كل ما يعترض طريقها.

أمـا بالنسبـة لأولئك الذين يكونون خـارج منطقة الدمار الفـوري، فإن إشارة الكارثة الأولى ستكون وميض نور يعمي البصر أكثر تألقاً مما سبق وشوهد، يتبعه بعـد دقيقة أو دقيقتين مشهـد كارثي غير قابل للتصور: جـدار مهتاج من الظلمة يرتفـع إلى أعالي السماء، ويمـلأ حقل النظر ويسافر بسرعـة آلاف الكيلومترات في الساعـة. سيكـون اقترابه خفياً وصامتـاً بما أنه ينطلق بسرعـة تتجاوز سرعة الصـوت بكثـير. إن أي شخص في بناء مرتفع في أوماهـا أو دي موا De Moines يصادف أنه ينظر في الجهـة الصحيحة، سيشاهد حجاباً محيّراً من الاضطراب يتبعه نسيان فوري.

في غضون دقائق، وفوق منطقة تمتد من دنفر إلى دترويت وتشمل ما كان مرة شيكاغو وسينت لويس وكانساس سيتي وتوين سيتيز الغرب الأوسط كله، باختصار فـإن كل شـيء منتصب تقريباً ستبسطه النار، وسيهلك كل ما هو حي. الذين على بعـد 1500 كيلومتر ستُبتر أقدامهم أو يقطعـون أو يُسحقون بطوفان من القذائف المتطايرة. ولكن الدمار سيتوقف بعد 1500 كيلومتر تدريجياً.

هذه هي موجة الصدمة الأولى فحسب. لا أحد يستطيع أن يفعل أي شيء سوى تخمـين الضـرر المرافق، الذي سيكون سريعـاً وعالمياً. ومن المؤكـد أن الاصطدام سيطلـق سلسلة من الزلازل المدمرة. ستبدأ براكين الكرة الأرضية بالعمل وإطلاق الحمـم. سترتفع أمـواج تسونامـي عديـدة وتنطلق لتدمـير الشواطـئ البعيدة. وفي غضـون ساعـة، ستغطي سحابة سـوداء الأرض وستُقذف الصخـور المشتعلة والحطـام في كل مـكان مشعلـة الكوكب. قُـدّر أن بليون ونصف إنسـان على الأقل سيموتون في نهاية اليوم الأول. أما الأضرار الكبيرة التي ستلحق بالغلاف الأيوني (الأيونوسفـير) فستدمر أجهزة الاتصـالات في كل مكان، وهكذا فإن الناجين لن يمتلكـوا فكرة عما يحدث أو إلى أين يلجؤون. بالكاد سيكون هذا مهماً. وعبّر أحد المعلقـين علـى الأمر قائـلاً: «إن الهرب سيعنـي اختيار موت بطـيء بدلاً من موت سريع. إن عدد الوفيات لن يتأثر عبر بذل جهد لتغيير المكان، بما أن قدرة الأرض على دعم الحياة سوف تضعف على مستوى الكون».

إن كمية السخام والرماد المتطايرة من الاصطدام والنيران اللاحقة ستحجب الشمـس لشهور، وربما لسنوات، مدمرة دورات النمو. وفي 2001 حلل الباحثون في مؤسسـة كاليفورنيا للتكنولوجيا نظائر الهليوم من رسابة خلّفها اصطدام كي تي، واستنتجـوا أن الاصطدام أثّر على مناخ الأرض لنحو عشرة آلاف عام. واستُخدم هذا دليلاً لدعم فكرة أن انقراض الديناصورات كان سريعاً ومؤكداً، وهكذا كان، بالمصطلحـات الجيولوجيـة. ولا نستطيـع سوى أن نخمّن كيـف ستتعامل البشرية جيداً، أو إن كانت البشرية ستقدر على التعامل مع حدث كهذا.

وفي النهاية، تذكروا أن هذا يأتي دون تحذير من السماء.

ولكن لنفترض أننا لم نرَ الجرم قادماً، فما الذي سنفعله؟ يفترض الجميع أننا سنستخدم رأساً نووياً ونفجر الجرم إلى شظايا. لكن ثمة بعض المشكلات التي تواجه هذه الفكرة. أولاً -كما ينوّه جون س.لويس- إن صواريخنا ليست مصممة للعمل في الفضاء، لا تمتلك القدرة على الهرب من الجاذبية الأرضية، حتى لو فعلت ذلك فإنها لا تمتلك آليات كي تقود نفسها عبر عشرات الملايين من الكيلومترات في الفضاء. ولا نستطيع أيضاً أن نرسل مركبة فضائية محملة برعاة البقر؛ كي يقوموا بالعمل من أجلنا، كما في فيلم «الأرمجدون»، ولا نملك حتى الآن صاروخاً قوياً بما يكفي لإرسال البشر إلى القمر. إن الصاروخ الذي يستطيع ذلك، ساترن 5، استقال منذ سنوات ولم يُستبدل أبداً. ولا نستطيع أن نبني بسرعة واحداً جديداً؛ لأنه -وبشكل مفاجئ- دُمرت الخطط من أجل قاذفات ساترن بوصفها جزءاً من تمرين التنظيف الربيعي في ناسا.

حتى لو نجحنا في الحصول على رأس نووي وفجّرنا الكويكب إلى شظايا فإننا سنحوّله إلى خيط من الصخور التي ستصطدم بنا واحدة بعد أخرى، كما اصطدم النيزك شوميكر ليفي بالمشترى. ولكن الفرق هو أن الصخور ستكون الآن إشعاعية. ويعتقد توم جيهريلز، صياد الكويكبات في جامعة آريزونا أنه حتى تحذير قبل سنة لن يكون كافياً للقيام بالعمل الملائم. فمن المحبذ أننا لن نرى أي جرم أو حتى نيزك إلى أن يكون على بعد ستة أشهر، وسيكون هذا متأخراً جداً. لقد كان نيزك شوميكر ليفي 9 يدور حول المشترى بطريقة جلية منذ 1929، ولكن مر أكثر من نصف قرن قبل أن يلاحظ أحد هذا.

ولأنه من الصعب جداً حساب أمور كهذه وتتضمن مهمش خطأ كبيراً، فإننا حتى لو عرفنا أن جرماً يتجه نحونا فإننا لن نعرف إلى النهاية تقريباً في الأسبوعين الأخيرين، على أي حال فيما إذا كان الاصطدام مؤكداً، ففي معظم وقت اقتراب الجرم سنعيش في نوع من عدم اليقين. ستكون بالتأكيد أكثر الأشهر القليلة أهمية في التاريخ. وتخيلوا الحفلة إن مر بأمان.

سألت أندرسون وويتزكي قبل أن أغادر: «كم مرة يحدث اصطدام مماثل لمانسون؟

أجاب ويتزكي: «مرة في كل مليون عام».

أضاف أندرسون: «تذكّر. هذا حدث ثانوي نسبياً. هل تعرف كم عدد الانقراضات المرتبطة باصطدام مانسون؟

أجبت: «كلا».

قال أندرسون بجو غريب من الرضى: «لا شيء. ولا واحد».

أضاف أندرسون وويتزكي بسرعة وتقريباً معاً أنه سيحدث دمار كبير ومروع عبر كثير من أجزاء الأرض - كما وصفتُ لتوي- ودمار كامل لمئات الأميال ولكن الحياة قوية، وحين انجلى الدخان كان هناك ما يكفي من الناجين المحظوظين من الأنواع جميعها، بحيث لم يهلك أي منها بشكل كامل.

إن الأنباء الطيبة -على ما يبدو- هي أن الأمر يستغرق طويلاً للقضاء على الأنواع. والأنباء السيئة هي أنه لا يمكن الاعتماد على الأخبار الجيدة أبداً. والأسوأ من ذلك أيضاً، ليس من الضروري النظر إلى الفضاء من أجل الخطر الصاعق. وكما سنرى بعد قليل، إن الأرض يمكن أن تضع كثيراً من الأخطار الخاصة بها.



الفصل الرابع عشر

النار في الباطن

في صيف 1971، كان عالم جيولوجيا شاب يُدعى مايك فورهايس Mike Voorhies يستطلع في مزرعة عشبية في شرق نبراسكة، قريبة من بلدة أورشارد الصغيرة التي ترعرع فيها. وفيما كان يمرّ في أخدود مرتفع الجانبين اكتشف وميضاً مثيراً للفضول في الدغل، الذي في الأعلى فتسلق ليلقي نظرة. ما عثر عليه هو جمجمة كركدن صغير محفوظة بالكامل، غسلتها الأمطار الغزيرة التي سقطت أخيراً.

ووراء ذلك ببضع ياردات، ظهر أحد أهم أحواض المستحاثات الذي سبق واكتُشف في أمريكة الشمالية: حفرة جافة كانت قبراً جماعياً لأعداد كبيرة من الحيوانات: كالكركدنات، وأحصنة تشبه الحمار الوحشي، وغزلان مسيّفة الأنياب، وجمال وسلاحف انقرضت كلها بسبب كارثة غامضة ما منذ أقل من 12 مليون عام في الوقت الذي تسمّيه الجيولوجيا العصر الميوسيني (العصر الحديث الأوسط). كانت نبراسكة تقع في تلك الأيام في سهل شاسع حار يشبه كثيراً سهل سيرينغيتي اليوم في إفريقية. عُثر على الحيوانات مدفونة تحت رماد بركاني يصل عمقه إلى 3 أمتار. وكان الأمر المحيّر في المسألة أنه لم يكن هناك أبداً براكين في نبراسكة.

واليوم، يُدعى موقع فورهايس حديقة آشفول فوسيل بيدس ستيت بارك، التي تحتوي على مركز جديد للزوار أنيق وعلى متحف، وعروض مروّى فيها عن جيولوجيا نبراسكة وتاريخ أحواض المستحاثات. ويحتوي المركز على مختبر له جدران زجاجية يرى عبرها الزوار علماء الإحاثة، وهم منهمكون في تنظيف العظام. ومرة رأيت في المختبر في صباح أحد الأيام شخصاً مرحاً يرتدي قميص عمله الأزرق عرفت أنه مايك فورهايس من حضور فيلم وثائقي أعده برنامج البي

بي سي، هورايزون، شارك هو فيه. لا يأتي عدد كبير من الزوّار إلى حديقة آشفيل؛ ذلك أنها تقع في مكان بعيد. وبدا فورهايس مسروراً برفقتي وإطلاعي على المكان. أخذني إلى البقعة التي تقع فوق وهد يبلغ ارتفاعه 6 أمتار، حيث قام باكتشافه.

قال بسعادة: «كان هذا مكاناً لا يصلح للبحث عن العظام. ولكنني لم أكن أبحث عنها. كنت أفكر بوضع خريطة جيولوجية لشرق نبراسكة في ذلك الوقت، والواقع أنني كنت أنظر حولي فحسب. ولو لم أصعد هذا المرتفع، ولو لم تغسل الأمطار هذه الجمجمة، لما كنت مررت من هنا أبداً وعثرتُ على هذا». أشار إلى حيّز له سقف في الجوار، صار مركز التنقيب الرئيس. هناك، عُثر على نحو 200 حيوان تستلقي سوية بغير انتظام.

سألته: لماذا لا يصلح هذا المكان للبحث عن عظام؟ قال: «إذا كنت تبحث عن العظام فأنت تحتاج في الواقع إلى صخور مكشوفة. لهذا السبب يتم علم الإحاثة في المناطق الجافة والحارة. هذا لا يعني أن هناك عظاماً أكثر. وإنما فقط لديك فرصة ما لتحديد وجودها. ففي خلفية كهذه قام بإيماءة شاملة عبر المرج الشاسع غير المتنوع لن تعرف أين تبدأ. يمكن أن تكون هناك مادة رائعة، ولكن ليس هناك مفاتيح على السطح تدلّك أين تبدأ».

اعتقدوا في البداية أن الحيوانات دُفنت حيّة وقال فورهايس الأمر نفسه في مقال نشره في مجلة ناشيونال جيوغرافيك في 1981. قال لي: «لقد دعا المقال الموقع» بومبيي(*) الحيوانات ما قبل التاريخ، ولكن لسوء الحظ اكتشفنا فيما بعد أن الحيوانات لم تنقرض فجأة. كانت كلها تعاني من شيء ما دُعي تضخم الأعضاء، وهذا ما يُصاب به المرء إذا استنشق كثيراً من الرماد الخشن، ولا بد أنها استنشقت كثيراً؛ لأن الرماد كان بسماكة قدم لمئات الأميال». التقط قطعة من التراب الرمادي الذي يشبه الطين وفتّته في يده. كان مسحوقاً ناعماً لكنه رملي

(*) مدينة قديمة في الجزء الجنوبي الغربي من إيطالية. دُفنت تحت حمم بركان فيزوف عام 79 للميلاد. المترجم.

قليلاً. تابع قائلاً: «إنها مادة تضرّ بالتنفّس؛ لأنها ناعمة جداً ولكنها حادة. وعلى أي حال جاءت الحيوانات إلى هنا إلى مكان الشرب هذا، باحثة عن الراحة كما هو مفترض، وانقرضت بنحو بائس. لا بد أن الرماد دمّر كل شيء ودفن العشب وغطى الأوراق جميعاً وحوّل الماء إلى طين رمادي غير صالح للشرب. لا يمكن أن يكون سائغاً على الإطلاق».

اقترح الفيلم الوثائقي لبرنامج هورايزون أن وجود كثير من الرماد في نبراسكة كان مفاجأة. والواقع أن إيداعات الرماد الضخمة في نبراسكة عُرفت لوقت طويل، فقد كانت تُعدّن طوال قرن لصناعة مساحيق تنظيف منزلية مثل كوميت وأجاكس. ولكن -وهذا ما يثير الفضول- لم يفكر أحد أبداً أو يتساءل من أين أتى هذا الرماد كله.

قال فورهايس وهو يبتسم ابتسامة وجيزة: «أنا محرج من إخبارك أنني فكرت في البداية في هذا الأمر وهذا حين سألني محرر في مجلة ناشنال جيوغرافيك عن مصدر كل هذا الرماد، وعليّ أن أعترف أنني لم أعرف. ولم يعرف أحد».

أرسل فورهايس عيّنات إلى زملاء في أنحاء الولايات المتحدة الغربية كلها وسألهم إن كانوا يعرفون أي شيء عن هذا. بعد أشهر عدة اتصل به عالم جيولوجيا من المسح الجيولوجي في إداهو، يُدعى بيل بونيتشيسن وأخبره أن الرماد يطابق رواسب بركانية في مكان يُدعى برونو جاربيدج في جنوب غرب إداهو. كان الحدث الذي قتل حيوانات السهول في نبراسكة هو انفجار بركاني بوزن لم يشهد من قبل، ولكنه كان ضخماً بما يكفي كي يترك طبقة رماد عمقها ثلاثة أمتار على بعد 1600 كيلومترٍ بعيداً في شرق نبراسكة. وتبيّن أنه كان هناك تحت الولايات المتحدة الغربية مرجل ضخم من الماغما؛ بقعة بركانية حارة عملاقة، ينفجر بشكل كارثي كل ست مئة ألف سنة أو ما يقارب ذلك. وحدث آخر انفجار منذ أكثر من ست مئة ألف سنة. لا تزال البقعة الحارة هناك. وفي هذه الأيام نسميها حديقة يلوستون ناشنال بارك.

ومن المدهش أننا لا نعرف سوى قليل عما يحدث تحت أقدامنا. إنه لمن المدهش أننـا كنـا نعرف أن شركة فـورد كانت تصنع السيارات، ولجـان نوبل تمنح جائزة نوبـل قبل أن نعـرف أن للأرض لبّاً. كانت فكرة أن القـارات تنجرف على السطح كورقات النيلوفر الطافية حكمة شائعة لأقل من جيل بكثير. وكتب رتشارد فينمان: «والغريـب كما يبدو أننا نفهم توزع المادة في داخل الشمس أفضل بكثير من فهمنا لباطن الأرض».

إن المسافـة من سطح الأرض إلى وسطها هـي 6,370 كيلومترات، وهذا ليس بعيـداً جـداً. وقد حُسب أنـك إذا نزلت في بئر إلى المركـز وأسقطت آجرة فيه لن تستغـرق إلا 45 دقيقة كي تضـرب القاع (بالرغم من أنه عند تلك النقطة ستكون بلا وزن؛ لأن كل جاذبية الأرض ستكون فوقها وحولها وليس تحتها). إن محاولاتنا للاخـتـراق نحـو الوسط كانت متواضعـة بالفعل. إن منجمـاً أو منجمين إفريقيين للذهـب يصلان إلى عمق أكثر من 3 كيلومترات، ولكن معظم المناجم على الأرض لا يبلغ عمقها أكثر من 400 متر تحت سطح الأرض. لو كان الكوكب تفاحة، لما كنا قد اخترقنا القشر بعد. والواقع أننا لم نقترب.

وقبـل أقل من قرن بقليل في الماضي، لم تكـن معرفة أفضل العقول العلمية عن باطـن الأرض تتعدى مـا يعرفه معدّن فحم حجـري، وأعني أنكـم تستطيعون أن تحفـروا عبر التربة لمسافة، ثم تصطدمـوا بالصخر، وهذا هو الأمر. ثم، في عام 1906، وفيمـا كان عـالم جيولوجيـا أيرلندي يدعى ر.د. أولدمهـم يفحص بعض القـراءات في سيزموغراف عن زلزال في غواتيمالا، لاحظ أن أمواج صدمة معيّنة اخترقت إلى نقطة عميقة داخل الأرض، ثم قفزت في زاوية، وكأنها واجهت حاجزاً مـا. استنتج من هذا أن للأرض لبّاً. وبعد ثـلاث سنوات، كان عالم زلازل كرواتي يدعى أندريا موهوروفيسيتـش Andrija Mohorovicic يدرس رسوماً من زلزال حدث في زغرب، حين لاحظ انحرافاً غريباً مشابهاً، ولكن على مستوى أقل عمقاً. اكتشـف الحد بين القشرة والطبقة التي تحتهـا مباشرة، التي هي الدثار؛ وعُرفت

هذه المنطقة منذ ذلك الوقت باسم انقطاع موهوروفيسيتش(*)، أو موهو من أجل الاختصار.

بدأنا نحصل على فكرة مبهمة عن باطن الأرض المؤلف من طبقات بالرغم من أنه في الواقع غامض. وفي 1936 اكتشف عالم دانماركي يدعى إنج ليهمان Inge Lehman -وفيما كان يدرس مرجافات الزلازل في نيوزلندة- أن هناك لبّين: لبّاً داخلياً، نعتقد الآن أنه صلب، ولبّاً خارجياً (الذي اكتشفه أولدمهم)، يُعتقد أنه سائل ومركز المغناطيسية.

وفي الوقت الذي كان فيه ليهمان يصقل فهمنا الأساسي لباطن الأرض من خلال دراسة الموجات الارتجافية للزلازل، كان عالما جيولوجيا في كالتيك بكاليفورنيا يبتكران طريقة للقيام بالمقارنات بين زلزال والذي يليه. كانا تشارلز ريختر وبينو غتنبيرغ، بالرغم من أنه لأسباب لا علاقة لها بالعدل صار المقياس يُعرف باسم ريختر وحده. (ولم تكن المسألة تتعلق أيضاً بريختر. كان شخصاً رزيناً، لم يشر أبداً إلى المقياس باسمه، ولكنه دعاه دوماً مقياس الكِبر).

فُهم مقياس ريختر دائماً وعلى نطاق واسع بشكل خاطئ من قبل غير العلماء، بالرغم من أن الأمر أقل الآن من أيامه الأولى حين كان الزوار إلى مكتب ريختر يطلبون مشاهدة مقياسه المحتفى به، معتقدين أنه آلة ما. إن المقياس، بالطبع، هو فكرة أكثر مما هو شيء، مقياس اعتباطي لارتجافات الأرض يستند إلى قياسات سطحية. إنه يرتفع أُسّياً، بحيث إنّ زلزالاً بقوة 7.3 أقوى بخمسين مرة من زلزال بقوة 6.3 وأقوى بـ 2500 مرة من زلزال بقوة 5.3.

لا يوجد حد أعلى للزلزال ولا حد أدنى -نظرياً- على الأقل. إن المقياس هو قياس بسيط للقوة، ولكنه لا يقول أي شيء عن الضرر. إن زلزالاً بقوة 7 يحدث عميقاً في الدثار مثلاً على عمق 650 كيلومتراً في الأسفل يمكن ألا يسبب أي أذى على السطح مطلقاً، ولكن واحداً أقل يحدث على عمق 6 أو 7 كيلومترات تحت

(*) انقطاع زلزالي يفصل قشرة الأرض عن الوشاح الذي تحتها. المترجم.

السطح يمكن أن يسبب دماراً واسع الانتشار. ويعتمد كثيرٌ، أيضاً على طبيعة طبقة الأرض الواقعة تحت التربة مباشرة، وعلى مدة الزلزال، وتواتر وحدة الهزات الارتدادية، والخلفية المادية للمنطقة المستهدفة. إن كل هذا يعني أن أكثر الزلازل إثارة للخوف ليست بالضرورة الأكثر قوة، بالرغم من أنه يُحسب حساب القوة كثيراً.

كان أقوى زلزال حدث منذ اختراع المقياس (هذا يعتمد على أي مصدر تعتمدون) إما ذلك الذي حدث في برنس وليم ساوند في ألاسكة في آذار 1964 الذي كانت قوته 9.2 على مقياس ريختر، أو الذي حدث في المحيط الهادي بعيداً عن ساحل تشيلي في 1960، الذي سجل في البداية بـ 8.6 ثم قالت بعض المراجع فيما بعد: إنه (بما فيه المسح الجيولوجي الأميركي) 9.5. وكما ستستنتجون من هذا، إن قياس الزلازل ليس علماً دقيقاً دوماً، وخصوصاً حين يشمل تفسير قراءات من أمكنة بعيدة. على أي حال، كان الزلزالان هائلين. فزلزال 1960 لم يسبب دماراً واسعاً على ساحل أمريكة الجنوبية فحسب، وإنما أطلق تسونامي عملاقاً تدحرج عشرة آلاف كيلومتر عبر المحيط الهادي، وغمر كثيراً من مركز مدينة هيلو في هاواي مدمراً خمس مئة منزل وقاتلاً ستين شخصاً. وقامت موجات عملاقة أخرى مشابهة بقتل المزيد من الناس في مناطق بعيدة كاليابان والفلبين.

أما الزلزال الذي سبب دماراً هائلاً لم يكن له مثيل في التاريخ المدوّن كان ذاك الذي ضرب لشبونة والبرتغال ومزقهما إرباً في عيد جميع القديسين (تشرين الأول)، 1755. قبل العاشرة صباحاً، ضرب المدينة زلزال جانبي تُقدر قوته الآن بـ 9.0 واهتز بوحشية مدة سبع دقائق كاملة. كانت القوة التشنّجية كبيرة جداً بحيث إنّ المياه تراجعت من مرفأ المدينة، وعادت في موجة بلغ ارتفاعها أكثر من 15 متراً، مسببة دماراً إضافياً. وحين توقفت الحركة أخيراً، تمتع الناجون بثلاث دقائق من الهدوء، ثم جاءت الهزة الثانية، وكانت أقل حدة بقليل من الأولى. وتبعتهما صدمة نهائية بعد ساعتين. وفي نهاية كل هذا، قُتل ستون ألف شخص ودُمرت الأبنية جميعها على مسافة أميال. وبالمقارنة، قُدّر زلزال سان فرانسيسكو الذي حدث في 1906 بـ 7.8 على مقياس ريختر واستمر أقل من ثلاثين ثانية.

إن الـزلازل شائعة. ففـي كل يوم تقريباً يحدث في مكان مـا في العالم زلزالان بقـوة 2.0 أو أكثر، وهذا يكفي كي يسبب لـكل من هو قريب صدمة قوية. وبالرغم من أن الزلازل تميل إلى التجمّع في أمكنة معيّنة وبشكل ملحوظ حول حافة المحيط الهـادئ فإنهـا يمكن أن تحصـل في أي مكان تقريبـاً. ففي الولايـات المتحدة، في فلوريـدة، وشرق تكسـاس والغرب الأوسط الأعلى فقط يبدون حتى الآن محصنين بشكل كامل. حصل في نيوانجلاند زلزالان بقوة 6.0 على مقياس ريختر في الأعوام المئتـين الماضيـة. وفي نيسـان 2002 ضـرب المنطقة زلزال بقـوة 5.1 قرب بحيرة شامبلـين على حدود نيويـورك وفيرمونت، مسبباً دماراً محليـاً واسعاً و (أستطيع أن أشهـد) أنه أنـزل اللوحات عن الجدران والأطفال عن الأسِرَّة في منطقة بعيدة مثل نيو مهمبشير.

إن أكـثر الأنمـاط شيوعاً من الزلازل هي تلك التي يلتقـي فيها لوحان، كما في كاليفورنيـة على طـول سان أندرياز فولـت. فحين يدفع اللوحـان بعضهما بعضاً، فـإن الضغـوط تتجمّع إلى أن يستسلـم أحدهما ويفتح مجالاً. كلمـا طال الفاصل بـين الـزلازل، ازداد الضغط المكبـوت وازداد احتمال صدمة أكـبر. وهذا ما يقلق طوكيو، التي يصفها بيل مجواير، المختص بالأخطار في جامعة يونيفرسيتي كوليج في لنـدن بأنهـا «المدينة التي تنتظـر الموت» (ليس هذا شعـاراً تجده على كثير من النشـرات السياحية). تتوضع طوكيو على نقطة التقاء ثلاثة ألواح تكتونية في بلاد عُرفـت دوماً بعدم استقرارها بسبب الزلازل. ففي 1995 -وكما تتذكرون- ضرب زلزال مدينة كوب، التي تبعد تقريباً 500 كيلومتر إلى الغرب بقوة 7.2 وقتل 6,394 شخصـاً. وقُدرت الخسائر بـ 99 بليون دولار. ولكن هذا ليس شيئاً بالمقارنة مع ما ينتظر طوكيو.

عانت طوكيو سابقاً من أعنف الزلازل في التاريخ الحديث. ففي 1 أيلول 1923، تماماً قبل منتصف النهار، ضرب المدينة ما عُرف باسم زلزال كانتو الكبير، وكان أقوى بعشر مرات من زلزال كوب وقتل مئتي ألف شخص. ومنذ ذلك الوقت، ظلت

طوكيو هادئة بشكل غريب، بحيث إنّ التوتر تحت السطح كان يتجمّع طوال ثمانين عاماً. في النهاية إنه مقدر عليه أن يتحرك. وفي 1923 كان عدد سكان طوكيو 3 ملايين واليوم يقترب من 30 مليوناً. لا أحد يأبه بتخمين كم من الناس يمكن أن يموت، غير أنه تم تقدير الكلفة الاقتصادية بـ 7 ترليونات دولار.

ما يثير الأعصاب أكثر،هو تلك الهزات الأكثر ندرة، والغامضة والقادرة على الحدوث في أي مكان وفي أي وقت، التي تُعرف باسم الزلازل بين الألواح. وهذه تحدث بعيداً عن حد اللوح، مما يجعل التنبؤ بها مستحيلاً. ولأنها تأتي من عمق أكبر بكثير، فإنها تميل إلى الانتشار في مناطق أكثر اتساعاً بكثير. إن أكثر الزلازل شهرة من هذا النوع التي سبق أن ضربت الولايات المتحدة كانت سلسلة من ثلاثة زلازل حدثت في نيو مدريد، وميسوري، في شتاء 1811/ 12. بدأ بعد منتصف الليل تماماً في 16 كانون الأول (ديسمبر) حين استيقظ الناس في البداية من ضجيج حيوانات المزرعة المذعورة (إن اضطراب الحيوانات قبل الزلازل ليس قصة خرافية، وإنما مؤكدة، بالرغم من أنها ليست مفهومة بنحو كامل) ثم من صوت قوة انفجارية جبارة صادر من أعماق الأرض. وحين خرج السكان المحليون من منازلهم وجدوا الأرض تتدحرج في أمواج ارتفاعها متر، وتنفتح صدوع فيها بعمق أمتار عدة. ملأت رائحة كبريت قوية الجو. استمر الزلزال أربع دقائق، محدثاً الدمار المعتاد في الأملاك. كان بين الشهود الفنان جون جيمس أودوبون، الذي صادف أن كان في المنطقة. اندفع الزلزال نحو الأعلى بقوة جعلت المداخن تسقط في سنسيناتي على بعد 600 كيلومتر، وبحسب إحدى الروايات على الأقل، «حطم الزلزل المراكب في مرافئ الساحل الشرقي... وانهارت منصة شيدت حول بناء الكابيتول في واشنطن، العاصمة». وفي 23 كانون الثاني (يناير) و4 شباط (فبراير) تبعت ذلك زلازل أخرى بقوة مماثلة. صمتت نيومدريد منذ ذلك الوقت، ولكن ليس بشكل مفاجئ، بما أن حوادث كهذه لم يُعرف أنها حدثت في المكان نفسه مرتين. وبقدر ما نعرف، إنها عشوائية كالبرق. يمكن أن يحدث الزلزال الآتي تحت شيكاغو أو باريس أو كينشاسة. لا أحد يستطيع تخمين ما الذي يسبب هذه

الـزلازل العنيفة داخل الألواح. شيء ما عميـق داخل الأرض. ربما أكثر من ذلك، لا ندري.

صـار العلمـاء في الستينيـات خائبـي الأمل بسبـب محدودية فهمهـم لباطن الأرضـ، بحيث إنّهم قرروا أن يحاولوا القيـام بشيء ما حيال ذلك. وخطرت لهم فكـرة الحفر في قاع المحيـط (كانت القشرة القارية سميكة جـداً) إلى أن يصلوا إلـى انقطاع (موهو) واقتطـاع قطعة من دثار الأرض للفحصـ في أوقات الفراغ. واعتقدوا أنهم إذا فهموا طبيعة الصخور داخل الأرض، سيفهمون كيفية تفاعلها، ويمكن بعد ذلك أن يتنبؤوا بالزلازل والحوادث الأخرى غير المرحّب بها.

صـار المشروع معروفاً -بشكل يتعذر اجتنابه- باسم حفرة موهو، وكان كارثياً. كانـوا يأملـون إنزال حفارة علـى عمق 4000 متر في المحيط الهـادي مقابل خليج مكسيكو، ويحفرون إلى عمق 5000 متر عبر قشرة رقيقة. إن الحفر من سفينة في مياه مفتوحة هو -كما عبّر أحد علماء المحيط- «مثل محاولة حفر ثقب في أرصفة نيويـورك مـن قمة بنـاء الإمبايرستيـت باستخدام خيـط من المعكرونـة». انتهت المحـاولات جميعاً بالخيبـة. لم يصلوا في الحفر إلا إلى عمـق 180 متراً. وصارت حفـرة موهو معروفة باسم اللاحفـرة. وفي 1966، ألغى الكونغرس المشروع بسبب الكلف المتزايدة وعدم الوصول إلى أي نتائج.

بعـد أربع سنوات، قرر العلماء السوفييـت تجريب حظهم على الأرض الجافة. اختـاروا منطقة في شبه جزيرة كـولا في روسية قرب الحدود مع فنلندة، وانطلقوا إلـى العمـل آملين الحفر إلى عمق 15 كيلومتراً. برهـن العمل أنه أصعب مما كان متوقعـاً، ولكن السوفييت كانوا مثابرين بشـكل يستحق الثنـاء. وحين استسلموا في النهايـة -بعد تسعة عشر عاماً- كانوا قد حفروا إلى عمق 12,262 متراً. واضعين في أذهاننا أن قشرة الأرض لا تمثل إلا 0.3% من حجم الكوكب، وأن ثقب (كولا) لم يصل حتى إلى ثلث الطريق عبر القشرة، ليس بوسعنا الزعم بأننا غزونا باطن الأرض.

وبالرغم من أن الحفرة كانت متواضعة، فإن ما كشفته أدهش الباحثين. فقد قادت دراسات موجة الارتجاف العلماء إلى التنبؤ -وبشكل موثوق- أنهم سيصادفون صخوراً رسوبية على عمق 4700 متر، تتبعها صخور غرانيتية في الألفين وثلاث مئة متر اللاحقة ثم البازلت بعد ذلك. كانت الطبقة الرسوبية أعمق بـ 50% من المتوقع ولم يُعثر على الطبقة البازلتية أبداً. فضلاً عن ذلك، كان العالم هناك في الأسفل أكثر حرارة مما توقع أي شخص، فالحرارة على عمق 10,000 متر هي 180 درجة مئوية، أعلى بمرتين تقريباً من المستوى المتنبأ به. وكان الأكثر دهشة هو أن الصخور العميقة كانت مشبعة بالماء، وهذا شيء لم يُعتقد أنه ممكن.

ولأننا لا نستطيع رؤية باطن الأرض، علينا أن نستخدم تقنيات أخرى، تتضمن معظمها قراءة الموجات وهي تسافر عبر الباطن، لاكتشاف ما الذي هناك. نعرف قليلاً عن الدثار مما يُعرف باسم الفجوات الأنبوبية حيث يتشكّل الماس. ما يحدث هو أنه عميقاً في الأرض يحدث انفجار يُطلق كرة نارية من الماغما إلى السطح بسرعة أكبر من سرعة الصوت. وهذا حدث عشوائي كلياً. إن الفجوة الأنبوبية يمكن أن تنفجر في حديقتك الخلفية فيما أنت تقرأ هذا. ولأنها تأتي من أعماق كهذه من عمق 200 كيلومتر تُحضر الفجوات الأنبوبية أنواع الأشياء جميعها، التي لا يُعثر عليها عادة على السطح أو قربه: صخرة تُدعى الصخرة الزبرجدية، الكريستال الأولفيني و أحياناً، في كل أنبوب من بين مئة ألماس. ويأتي كثير من الكربون مع مقذوفات الفجوة الأنبوبية، ولكن معظمه يتبخّر أو يتحوّل إلى غرافيت (رصاص أسود). وأحياناً تنطلق قطعة منها فحسب بالسرعة المناسبة تماماً، وتبرد بالسرعة الضرورية كي تصبح ماسة. كانت فجوة كهذه هي التي جعلت جنوب إفريقية أكثر بلدٍ إنتاجاً للماس المعدّن في العالم، ولكن يمكن أن تكون هناك فجوات أكبر لا نعرف عنها شيئاً. ويعرف علماء الجيولوجيا أنه في مكان ما في جوار شمال شرق إنديانة هناك دليل على فجوة أو مجموعة من الفجوات

الأنبوبيـة، التي يمكن أن تكون ضخمـة في الحقيقة. فقد عثر على ماسات تبلغ 20 قيراطاً أو أكثر في مواقع مبعثرة في أنحاء المنطقة. ولكن لم يعثر أحد على المصدر بعـد. وكما يقـول جون مكفي، يمكـن أن تكون مدفونة تحت تربـة مترسبة مغطاة بالجليد على غرار حفرة مانسون في آيوا، أو تحت البحيرات الكبرى.

وهكذا لا نعرف عما يوجد في باطن الأرض سوى قليل جداً. ويتفق العلماء عامةً علـى أن العالم الذي تحتنا يتألف من أربع طبقات: قشرة خارجية صخرية، ودثار مـن الصخور الحارة اللزجة، ولب سائلي خارجي ولب داخلي صلب(*) . نعرف أن السطـح مغمور بالسليكات (أمـلاح حامض السليسيك)، التي هـي خفيفة نسبياً وغـير ثقيلة بما يكفي كي تفسّـر كثافة الكوكب الإجمالية. من ثـمّ، يجب أن يكون هنـاك مـادة أكثر ثقلاً في الداخل. ونعرف أنه لتوليـد حقلنا المغناطيسي في مكان مـا في الداخـل، يجب أن يكون هناك حـزام مركّز من العناصـر المعدنية في حالة سائلـة. وهذا مقبول على المستوى العالمي. وتقريباً كل شيء وراء هذا كيف تتفاعل الطبقـات، ما الذي يجعلها تتصرف بالطريقة التي تتصرف بها، ما الذي ستفعله في أي وقت في المستقبل، هذه مسألة غير مؤكدة وغامضة جداً.

حتى الجزء الذي نستطيع رؤيتـه؛ أي القشرة، خاضع لجدل قوي. فالنصوص الجيولوجيـة جميعهـا تقريباً تقول لـك: إن القشرة القارية سميكـة من 5 إلى 10 كيلومـترات تحت المحيط، وتبلغ سماكتهـا 40 كيلومتراً تحت القارات ومن 65 إلى 95 كيلومـتراً تحت السلاسل الجبليـة الكبيرة، ولكن هنـاك تغايرات كثيرة محيّرة داخـل هذه التعميمات. إن القشرة تحت جبـال سييرا نفادا، مثلاً لا تبلغ سماكتها إلا 30-40 كيلومتراً، ولا أحد يعرف لماذا. وبحسب كل القوانين الجيوفيزيائية فإن

(*) بالنسبـة لأولئك الذيـن يتوقون إلى خريطة أكثر تفصيلاً لباطن الأرض، إليكم أبعاد الطبقات المختلفـة، مستخدمين الأرقام العادية: من 0 إلى 40 كيلومـتراً توجد القشرة. من 40 إلى 400 كيلومـتر الدثار العلـوي. من 400 إلى 650 كيلومتراً منطقة انتقال بين الدثار العلوي والسفلي. من 650 كيلومتراً إلى 2700 كيلومتر الدثار السفلي. من 2700 إلى 2890 كيلومتراً طبقة د. من 2890 إلى 5150 اللب الخارجي ومن 5150 إلى 6370 كيلومتراً اللب الداخلي.

جبال سييرا نفادا تغوص، كما لو في رمال متحركة. (يعتقد بعضهم أن هذا يحدث على الأرجح).

أما كيف ومتى حصلت الأرض على قشرتها فهذه أسئلة تقسم الجيولوجيين إلى معسكرين كبيرين: أولئك الذين يعتقدون أنه تشكل فجأة، باكراً في تاريخ الأرض، وأولئك الذين يعتقدون أنه حدث بالتدريج فيما بعد. إن قوة المشاعر تتخلل هذه المسائل بشكل عميق. اقترح رتشارد أرمسترونغ من ييل نظرية انفجار مبكر في الستينيات، ثم أمضى بقية حياته المهنية يقاتل أولئك الذين لم يتفقوا معه. توفي من السرطان في عام 1991، ولكن قبل موته بوقت قصير «هاجم نقاده في مقال مثير للجدل في مجلة نمساوية مختصة بعلوم الأرض اتهمهم فيها بإطالة عمر الخرافات»، بحسب تقرير نُشر في مجلة إيرث في 1998. وقال زميل له: «لقد مات حاقداً».

إن القشرة وجزءًا من الدثار الخارجي يدعيان سوية القشرة الأرضية (النطاق الصخري) (من كلمة lithos اليونانية، وتعني الصخر)، التي بدورها تعوم على قمة طبقة من الصخور الأنعم التي تدعى نطاق الانسياب، (من كلمة يونانية تعني «دون قوة»)، ولكن مصطلحات كهذه لم تكن مقنعة بشكل كامل أبداً. فإذا قلنا: إن القشرة الأرضية تقع فوق نطاق الانسياب فإن هذا يوحي بدرجة من الطفوية السهلة غير الصحيحة. وبنحو مشابه، من المضلل أن نفكّر بمواد تعوم على السطح. إن الصخور لزجة، ولكن كما هو الزجاج فحسب. يمكن ألا تبدو مثله، ولكن كل الزجاج على الأرض يتدفق إلى الأسفل بدفع لا يلين من الجاذبية. أزح لوحاً من الزجاج القديم من نافذة كاتدرائية أوروبية، وسيبدو أنه أكثر سماكة في الأسفل مما هو في الأعلى(*). هذا هو نوع «التدفق» الذي نتحدث عنه. إن عقرب الساعة يتحرك أسرع بعشرة آلاف مرة من «تدفق» صخور الدثار.

(*) أو هكذا كُتب. على أي حال، في صيف 2003، وبعد أن نشر كتابه، ذكرت ساينس نيوز دراسة قام بها البروفسور ي.د. زانوتو من البرازيل تقترح أن تدفق الزجاج، مهما كان اللوح معرضاً، هو أبطأ من أن يُرصد بالعين المجردة.

لا تحدث الحركات جانبياً فحسب كما تتحرك الألواح عبر السطح، وإنما إلى الأعلى والأسفل أيضاً، كما ترتفع الصخور وتنخفض تحت عملية المخض التي تعرف باسم التصعّد (أو الحمل الحراري). كان أول من استنتج التصعّد بوصفه عملية هو الكونت فون رمفورد في نهاية القرن الثامن عشر. بعد ستين عاماً اقترح كاهن إنكليزي يُدعى أوزموند فيشر أن باطن الأرض يمكن أن يكون سائلاً بما يكفي لجعل المحتويات تتحرك، ولكن الفكرة استغرقت وقتاً طويلاً؛ كي تتلقى الدعم.

حين أدرك علماء الجيوفيزياء في 1970، كم من الاضطراب يحدث في باطن الأرض، صُدموا. وكما عبّرت (شونا فوغل) عن الأمر في كتابها الأرض العارية: الجيوفيزياء الجديدة: «كان الأمر وكأن العلماء أمضوا عقوداً، وهم يحاولون معرفة طبقات جو الأرض التروبوسفير، والستراتوسفير وغيرهما ثم فجأة اكتشفوا الريح».

كان العمق الذي تصل إليه عملية التصعّد (الحمل الحراري) مسألة أثارت الجدل منذ ذلك الوقت. يقول بعضهم: إنها تبدأ على عمق 650 كيلومتراً، ويقول آخرون: إن العمق أكثر من 3000 كيلومتر تحتنا. والمشكلة كما قال جيمس تريفل هي أن هناك «مجموعتين من المعطيات، من نظامين مختلفين، لا يمكن مصالحتهما». وقال علماء كيمياء الأرض: إن عناصر معيّنة على سطح الكوكب لا يمكن أن تأتي من الدثار، ولا بد أنها أتت من مكان أعمق في باطن الأرض. لذا، إن المواد في الدثار العلوي والسفلي يجب على الأقل أن تمتزج أحياناً. ويلح علماء المرجافات على أنه لا يوجد دليل لدعم فرضية كهذه.

وهكذا كل ما يمكن أن يُقال هو أنه في نقطة ما غير محددة وفيما نتجه نحو مركز الأرض نترك الطبقة الانسيابية، وندخل في الدثار الصرف. وإذا حَسِبْنا أن هذا يفسر 82% من حجم الأرض و65% من كتلتها، فإن الدثار لا يجذب انتباهاً كبيراً؛ لأن الأمور التي تهم علماء الأرض والقراء العامين على حد سواء تحدث إما إلى أعمق في الأسفل (كما مع المغناطيسية) أو قرب السطح (كما مع الزلازل).

ونعرف أنه إلى عمق نحو 150 كيلومتراً يتألف الدثار بشكل رئيس من نمط من الصخور يعرف باسم الزبرجدي (الناري)، ولكن ما يملأ الـ 2650 كيلومتراً اللاحقة غير معروف. وبحسب تقرير نشرته مجلة نيتشر، يبدو أنه ليس زبرجدياً. ولا نعرف أكثر من ذلك.

ثمة لُبّان تحت الدثار: لبٌّ داخليٌّ صلب ولبٌّ خارجيٌّ سائلي. ومن نافلة القول: إن فهمنا لطبيعة هذين اللبين غير مباشر، ولكن العلماء يستطيعون القيام ببعض الافتراضات غير المباشرة. يعرفون أن الضغوط في مركز الأرض مرتفعة بما يكفي أكبر بثلاثة ملايين مما هو في السطح لتحويل أي صخرة هناك إلى صلبة. ويعرفون أيضاً من تاريخ الأرض (بين مفاتيح أخرى) أن اللب الداخلي جيد جداً في الاحتفاظ بحرارته. وبالرغم من أن الأمر لا يتعدى التخمين إلا قليلاً، يُعتقد أنه في غضون أربعة بلايين عام لم تنخفض الحرارة في اللب أكثر من 110 درجات مئوية. لا أحد يعرف بالضبط كم حرارة لب الأرض، ولكن التقديرات تتراوح من 4000 درجة إلى 7000 درجة مئوية، وهذا يعادل تقريباً حرارة سطح الشمس.

إن اللب الخارجي غير مفهوم جيداً أيضاً، بالرغم من أن الجميع يتفقون على أنه سائل وهو مقعد الجاذبية. وضع ي.سي. بلارد من جامعة كمبريدج في 1949 النظرية القائلة: إن هذا الجزء السائل من لب الأرض يدور بطريقة تجعله، بالنتيجة محركاً كهربائياً، يخلق الحقل المغناطيسي للأرض. تقول الفرضية: إن السوائل المحمولة حرارياً داخل الأرض تعمل نوعاً ما مثل تيارات في أسلاك. ما يحدث بالضبط غير معروف، ولكن يُشعر به بشكل مؤكد أنه متصل باللب الذي يدور وبكونه سائلاً. إن الأجرام التي ليس فيها لب سائل القمر والمريخ، مثلاً لا تملك مغناطيسية.

نعرف أن قوة الحقل المغناطيسي للأرض تتغير بين وقت وآخر: ففي أثناء عصر الديناصورات كانت أقوى من الآن بثلاث مرات. نعرف أيضاً أنها تنخفض كل خمس مئة عام أو ما يقارب ذلك، بالرغم من أننا غير قادرين على التنبؤ. حدث آخر انخفاض منذ سبع مئة وخمسين ألف سنة. أحياناً تبقى القوة ثابتة

ملايين الأعوام 37 مليون سنة تبدو المدة الأطول، وفي أحيان أخرى تنخفض بعد عشرين ألف سنة. وقد انخفضت هذه القوة في المئة مليون عام الأخيرة نحو مئتي مرة، ولا نمتلك أي فكرة عن السبب. وقد دُعي هذا «السؤال الأعظم الذي لا إجابة له في العلوم الجيولوجية».

من المحتمل أن قوة الحقل المغناطيسي تنخفض الآن. لقد ضعف الحقل المغناطيسي للأرض بنسبة 6% في القرن الأخير فقط. ومن المحتمل أن يكون أي ضعف في الجاذبية أخباراً سيئة؛ لأنه بغض النظر عن تنظيم البرادات وإبقاء بوصلاتنا تشير إلى الجهة الصحيحة، فإنه يؤدي دوراً حيوياً في إبقائنا أحياء. إن الفضاء مليء بالأشعة الكونية الخطرة التي ستحرق -في غياب الحماية المغناطيسية- أجسادنا محولة كثيراً من الـ(DNA) الخاص بنا إلى شظايا لا نفع فيها. حين يعمل الحقل المغناطيسي، فإن هذه الأشعة تُحرف بعيداً بأمان عن سطح الأرض إلى منطقتين في الفضاء القريب تُدعيان حزامي (فان آلن). تتفاعل الأشعة أيضاً مع جسيمات في الجو الأعلى لخلق حُجُب ساحرة من الضوء تُعرف باسم الظواهر الشفقية.

ويعود السبب في جهلنا لباطن الأرض إلى أنه لم يكن هناك في السابق إلا جهد قليل لتنسيق ما يحدث على سطح الأرض، مع ما يحدث في داخلها. فبحسب شونا فوجل: «نادراً ما يذهب علماء الجيولوجيا وعلماء فيزياء الأرض إلى الاجتماعات نفسها أو يتعاونون على المشكلات نفسها».

ربما لا شيء يشرح بشكل أفضل فهمنا غير السوي لدينامية باطن الأرض سوى المصير، الذي سيحل بنا إذا لعبَ هذا الباطن، وسيكون من الصعب إيراد مثال على ذلك أفضل من انفجار جبل سينت هيلين في ولاية واشنطن في 1980.

في ذلك الوقت، لم تشهد الولايات المنخفضة الثماني والأربعون من الاتحاد انفجاراً بركانياً لأكثر من 65 عاماً. من ثمّ فقد استُدعي معظم علماء البراكين

الحكوميين؛ كي يرصدوا سينت هيلين ويتنبؤوا بسلوكه، وهم لم يشاهدوا سابقاً إلا براكين هاواي في حالة عمل، وتبين أنها لم تكن الشيء نفسه مطلقاً.

بدأ سينت هيلين قعقعته في عشرين آذار. وفي غضون أسبوع كان يقذف الماغما، ولو بكميات قليلة - مئة مرة في اليوم، كانت تهزه الزلازل باستمرار. أجلي السكان إلى منطقة تبعد 13 كيلومتراً افتُرِضَ أنها آمنة. وفيما ازداد هزيم الجبل صار سينت هيلينا يجذب السواح من كل أنحاء العالم كلها. نشرت الصحف تقارير يومية عن أفضل الأمكنة لرؤية المشهد. وطارت الفرق التلفزيونية بشكل متكرر في الحوّامات إلى القمة وكان الناس يتسلقون الجبل. وفي أحد الأيام، دارت أكثر من سبعين حوامة وطائرة خفيفة حول القمة. ولكن مع مرور الأيام وعدم تحول القعقعة إلى أي شيء درامي، صار الناس قلقين وصار المشهد عاماً وساد رأيٌ بأن البركان لن ينفجر في النهاية.

وفي 19 نيسان بدأ الطرف الشمالي من الجبل ينتفخ بشكل واضح. ومن اللافت أنه لم يرَ أحد في مواقع المسؤولية أن هذا أشار بقوة إلى انفجار جانبي. وقد بنى علماء الزلازل استنتاجاتهم على سلوك براكين هاواي، التي لا تنفجر جانبياً. وكان الشخص الوحيد تقريباً الذي اعتقد أن شيئاً سيئاً يمكن أن يحدث هو جاك هايد، أستاذ الجيولوجيا في كلية المحلّة في تاكوما. أشار إلى أن جبل سينت هيلين لا يمتلك فتحة، على غرار براكين هاواي، ولهذا فإن أي ضغط يتجمّع في الداخل سيُطلق على نحو درامي وربما كارثي.

نعرف جميعاً ما الذي حدث. في الثامنة واثنتين وثلاثين دقيقة في صباح يوم الأحد، 18 أيار، انهار الجانب الشمالي من البركان، مرسلاً حادوراً ضخماً من التراب والصخر على سفح الجبل بسرعة 250 كيلومتراً في الساعة. كان أضخم انزلاق أرضي في التاريخ البشري، وحمل ما يكفي من المواد لدفن مانهاتن كلها إلى عمق 120 متراً. بعد دقيقة، ضعفت خاصرته، وانفجر جبل سينت هيلين بقوة تعادل خمس مئة مرة القنابل النووية التي رُميت على هيروشيما، مطلقاً سحابة

حارة قاتلة بسرعة 1,050 كيلومتراً في الساعة، وكانت أسرع بكثير من قدرة أي شخص قريب كي يسبقها. قتل 57 شخصاً. لم يُعثر على ثلاث وعشرين جثة أبداً. ولو لم يكن اليوم يوم أحد لكان عدد الموتى أكبر. ففي أي يوم من أيام الأسبوع يعمل عمال الخشب داخل منطقة الموت. وقُتل أشخاص على بعد ثلاثين كيلومتراً.

كان أكثر شخص حظاً في ذلك اليوم هو الطالب المتخرج هاري جليكن. كان يشغل موقعاً للرصد على بعد 9 كيلومترات من الجبل، ولكنه حصل على مقابلة للتوظيف في 18 أيار في كاليفورنيا، وهكذا ترك الموقع قبل يوم من الانفجار. شغل مكانه ديفد جونستون. كان جونستون أول من أبلغ عن انفجار البركان؛ ومات بعد لحظات. لم يُعثر على رفاته أبداً. كان حظ جليكن -للأسف- قصيراً. بعد 11 سنة كان أحد العلماء والصحفيين الثلاثة والأربعين الذين انصبت عليهم سيول رماد مهلكة عالية الحرارة، وغازات وصخور ذائبة ما عُرف باسم التدفق الفلذبركاني في جبل أنزين في اليابان، الذي أسيء فهمه بشكل قاتل أيضاً.

إن علماء البراكين يمكن أن يكونوا أو لا يكونوا أسوأ العلماء في العالم في القيام بالتنبؤات، ولكنهم دون شك الأسوأ في العالم في إدراك كم هي تنبؤاتهم سيئة. قبل أقل من عامين بعد كارثة أنزين صعدت مجموعة أخرى من مراقبي البراكين بقيادة ستانلي وليامز من جامعة أريزونا إلى حافة بركان نَشِط يدعى جاليراس في كولومبيا. وبالرغم من وفيات العام الماضي، لم يكن يرتدي قبعات أمان أو ألبسة حماية أخرى سوى اثنين من الأعضاء الستة عشر لفريق وليامز. انفجر البركان، وقتل ستة من العلماء، وثلاثة سواح كانوا يتبعونهم وأصاب عدداً من الآخرين إصابات خطرة، بما فيه وليامز.

في كتاب يخلو من نقد الذات بشكل فائق للعادة يدعى «النجاة من جاليراس»، قال وليامز إنه: «استطاع أن يهز رأسه متعجباً فحسب» حين علم فيما بعد أن زملاءه في علم البراكين قالوا: إنه أهمل، أو لم يأخذ بالحسبان ارتجافات مهمة معينة وتصرّف بطيش. وأضاف: «كم من السهل تصيّد حقيقة، وتطبيق المعرفة

التـي نملكهـا الآن عن أحـداث 1993. لم يكن مذنبـاً بشيء أسوأ مـن هذا -كما اعتقـد- سـوى التوقيت غير المحظوظ حين قام جاليراسـ «بالتصرف بمكر، كما تميـل القوى الطبيعيـة إلى الفعل. لقـد خُدعت ومن أجل ذلك أتحمـل المسؤولية. ولكننـي لا أشعـر بالذنب حيال موت زملائي. لا يوجـد خطيئة. كان هناك انفجار فحسب».

ولكن لنعد إلى واشنطن. فقد جبل سينت هيلين 400 متر من قمته، وتم تدمير 600 كيلومـتر مربع من الغابة. ودمر ما يكفـي من الأشجار لبناء 150,000 منزل (أو 300,000 بحسـب بعضـ التقارير). وقدرت كلفة الضرر بـ 2.7 بليون دولار. وصعد عمود عملاق من الدخان والرماد إلى ارتفاع 18,000 متر في أقل من عشر دقائق. وأبلغت طائرة على بعد 48 كيلومتراً بأنها أصيبت بالأحجار.

بعـد تسعين دقيقة من الانفجار، بدأ الرماد يُمطر على ياكيما، واشنطن، وهي بلدة تتألف من خمسين ألف شخص على بعد 130 كيلومتراً. وكما ستتوقعون، حوّل الرمـاد النهار إلـى ليل وتغلغل في كل شـيء، غامراً المحـركات والمولّدات وأجهزة تشغيل الكهرباء، وخنق العابرين، وسد أنظمة التنقية وعرقل كل شيء عملياً. أغلق المطار والطرقات المؤدية من وإلى المدينة.

كان كل هـذا يحدث -كمـا ستلاحظون- باتجاه الريح مـن البركان الذي كان يقعقـع بشـكل مهدد لشهرين. ولكـن ياكيما تفتقـر إلى إجراءات طـوارئ خاصة بالبراكـين. وتوقـف نظام البث في المدينة الذي كان من المفترض أن يعمل في أثناء الأزمـة؛ لأن «موظفي الصباح لم يعرفوا كيف يشغّلون الأجهزة». ولمدة ثلاثة أيام، شُلـت ياكيمـا وانقطعت عن العالم، بعـد أن أُغلق مطارها، وسُـدّت طرقها. تلقت المدينـة مـا يصـل إلى سماكـة 1.5 سنتيمتر من الرمـاد بعد انفجـار جبل سينت هيلين. الآن ضعوا في أذهانكم -من فضلكم- ما الذي سيفعله انفجار يلوستون.



الفصل الخامس عشر

جمال خطر

في الستينيات، وبينما كان يُدَرَّسُ التاريخ البركاني ليلوستون ناشنال بارك، صار بوب كريستاينسن الذي يعمل في مشروع مسح الولايات المتحدة الجغرافي، حائراً حيال شيء كان من الغريب أنه لم يُزعج أحداً من قبل: لم يستطع العثور على بركان الحديقة. فقد عُرف لوقت طويل أن يلوستون بركانية بطبيعتها. هذا ما فسّر ينابيعها الحارة العمودية وصفات بخارية أخرى. ومن إحدى صفات البراكين المميزة أنها واضحة جداً. ولكن كريستيانسن لم يستطع العثور على بنية تُعرف باسم الكلديرة(*).

حين يفكر معظمنا في البراكين يفكرون بالشكل المخروطي الكلاسيكي لفوجي أو كليمنجارو، الذي ينشأ حين تتراكم الماغما المقذوفة في كومة متناسقة. ومن اللافت أنه يمكن أن تتشكل بسرعة. ففي 1943 في باريكوتن في مكسيكو دهش فلاح حين شاهد الدخان يتصاعد من بقعة في أرضه. وفي أسبوع واحد صار المالِكَ المذهول لمخروط ارتفاعه 150 متراً. بعد عامين صار ارتفاعه 430 متراً وعرضه أكثر من 800 متر. وهناك نحو عشرة آلاف من البراكين المرئية بشكل واضح على الأرض لم ينقرض منها سوى بضع مئات. ولكن هناك نوع ثانٍ من البراكين غير المعروفة لا تشتمل على بناء الجبال. وهذه براكين انفجارية بحيث تنفجر، وتنفتح في تمزّق عنيف تاركة خلفها حفرة ضخمة خامدة تُدعى الكلديرة (من الكلمة اللاتينية التي تعني مرجلاً). كانت يلوستون على ما يبدو من النوع الثاني، ولكن كريستاينسن لم يعثر على الكلديرة في أي مكان.

بالمصادفة -وفي الوقت نفسه قررت ناسا أن تختبر كاميرات جديدة من ارتفاعات عالية بالتقاط صور ليلوستون- منح مسؤول ذكي نسخاً من الصور

(*) منخفض ضخم حوضي الشكل ناشئ عن انهيار الجزء الأوسط من بركان، أو من انفجارات عنيفة إلى حد استثنائي. المترجم.

لسلطات الحديقة، مفترضاً أنهم يمكن أن يقوموا بعرض ظريف في أحد مراكز الزوار. حالما شاهد كريستاينسن الصور أدرك لماذا لم يفلح في تحديد الكلديرة: كانت الحديقة كلها -9000 كيلومتر مربع- كلديرة. لقد خلّف الانفجار حفرة عرضها 65 كيلومتراً تقريباً، كبيرة جداً بحيث لا يمكن أن يدركها أحد من مستوى الأرض في أي مكان. في وقت ما في الماضي لا بد أن يلوستون انفجرت بعنف يتجاوز في قوته أي شيء سبق وعرفه البشر.

تبين أن يلوستون هي بركان عملاق. تتوضع على بقعة حارة ضخمة، ومستودع للصخر الذائب الذي يبدأ على عمق 200 كيلومتر تحت الأرض، ويصعد إلى قرب سطح الأرض، مشكّلاً ما يعرف باسم الأعمدة الضخمة. إن حرارة البقعة الحارة هي ما يقوّي الفتحات والينابيع والقدور الطينية المندفعة في يلوستون جميعها. ويوجد تحت السطح غرفة ماغما عرضها 72 كيلومتراً تقريباً لها الأبعاد نفسها كالحديقة، وتبلغ سماكتها 13 كيلومتراً في نقطتها الأكثر سماكة. تخيّلوا كومة من التي إن تي بحجم مقاطعة إنكليزية ترتفع 13 كيلومتراً في الفضاء، إلى ارتفاع أعلى طخّاف (السحاب الأبيض)، وحينها تعرفون فوق ماذا يسير زوّار يلوستون، إن الضغط الذي تمارسه بركة ماغما كهذه على القشرة في الأعلى، رفع يلوستون وأرضها المحيطة نحو نصف كيلومتر إلى أعلى مما كانت عليه. وإذا ما انفجرت فإن الكارثة ستكون خارج التصور. وقال البروفسور بيل مجواير من كلية جامعة لندن: «لن تكون قادراً على الاقتراب في نطاق ألف كيلومتر منها» بينما هي تنفجر. والعواقب التي ستتبع ذلك ستكون أسوأ.

إن الأعمدة العملاقة التي تتوضع عليها يلوستون تشبه كؤوس المارتيني: تضيق في الأعلى، ولكنها تتوسّع حين تقترب من السطح كي تشكّل قصعات من الماغما غير المستقرة. يمكن أن يكون عرض قصعات كهذه 1900 كيلومتر. وتقول النظريات الحالية: إنها لا تبزغ دوماً انفجارياً، ولكنها تنفجر أحياناً في طوفان متواصل من الصخور الذائبة كما حدث في ديكان ترابس في الهند منذ 65 مليون سنة. فقد غطت هذه الصخور الذائبة منطقة تتجاوز مساحتها 500,000 كيلومتر مربع،

وعلى الأرجح أسهمت في انقراض الديناصورات وهي بالتأكيد لم تساعد بدفقها المزعج من الغازات. يمكن أن تكون الأعمدة الضخمة مسؤولة عن الصدوع التي تجعل القارات تنفصل.

إن أعمدة كهذه ليست نادرة. هناك نحو 30 واحداً منها ناشط على الأرض حالياً و مسؤول عن كثير من جزر الأرض المعروفة أيسلندة، وهاواي، والآزوريس، والكناري، وأرخبيلات جالاباكوس، وبيتكيرن الصغيرة في وسط المحيط الهادئ الجنوبي، وكثير من الجزر الأخرى ولكن باستثناء يلوستون كلها محيطية. ولا يملك أحد أدنى فكرة كيف ولماذا انتهت يلوستون تحت لوح قاري. هناك شيئان مؤكدان فقط: إن القشرة في يلوستون رقيقة والعالم الذي تحتها حار. ولكن إن كانت القشرة رقيقة من البقعة الحارة، أو إن كانت البقعة الحارة هناك لأن القشرة رقيقة فهذه مسألة تثير جدلاً حامياً. فالطبيعة القارية للقشرة تفسّر انفجاراتها. وبينما تميل البراكين العملاقة الأخرى إلى أن تمور بثبات وبطريقة حميدة نسبياً، فإن يلوستون تمور انفجارياً. وهذا لا يحدث غالباً، ولكن حين يحدث فإنك سترغب بالوقوف في الخلف.

منذ انفجارها الأول المعروف منذ 16.5 مليون سنة، انفجرت نحو 100 مرة، ولكن أحدث ثلاثة انفجارات هي تلك التي كُتب عنها. كان آخر انفجار أقوى بألف مرة من انفجار جبل سينت هيلينز الذي قبله كان أقوى بـ 280 مرة والذي قبل هذا كان كبيراً جداً بحيث لا يعرف أحد كم كان قوياً. ربما كان على الأقل أقوى بـ 2500 مرة من سينت هيلينز، ولكن ربما أكثر وحشية بـ 8,000 مرة.

ليس لدينا أي شيء نقارنه به ألبتة. كان الانفجار الأكبر في الأوقات الأخيرة هو كراكاتو في إندونيسيا في آب 1883، الذي كان انفجاراً تردّد صداه في أنحاء العالم جميعها لتسعة أيام، وجعل المياه تندفع حتى في القناة الإنكليزية. ولكن إذا تصورتم حجم المواد المقذوفة من كراكاتو بأنها بحجم كرة غولف، فإن المواد المقذوفة من أقوى انفجارات يلوستون ستكون بحجم كرة يمكنك الاختباء خلفها. في وزن كهذا، لن يكون انفجار جبل سينت هيلينز أكثر من حبة بازلاء.

إن انفجار يلوستون الذي حدث منذ مليوني عام أخرج ما يكفي من الرماد لدفن ولاية نيويورك على عمق عشرين متراً أو كاليفورنية على عمق ستة أمتار. كان هذا هو الرماد الذي صنع أحواض المستحاثات الخاصة بمايك فورهايس في شرق نبراسكة. حصل الانفجار فيما يعرف الآن باسم إداهو، ولكن على مدار أكثر من ملايين الأعوام، بسرعة 2.5 سنتمتر في العام، سافرت قشرة الأرض فوقه، وهكذا فإنه اليوم مباشرة تحت شمال غرب ويومنغ. (البقعة الحارة تظل في مكان واحد، مثل مشعل أسيتيلين موجه إلى السقف). وبعد أن يحدث يترك سهولاً بركانية غنية مثالية لزراعة البطاطا، كما اكتشف سكان إداهو منذ وقت طويل. وفي مليوني عام آخرين -كما يحب علماء الجيولوجيا أن يمزحوا- ستنتج يلوستون شرائح بطاطا مقلية بالدهن لمطاعم المكدونالد، وسيدور سكان بلينغو ومونتانا حول الينابيع الحارة.

إن الرماد المتساقط من آخر انفجار في يلوستون غطى 19 ولاية غربية أو أجزاء منها (بالإضافة إلى أجزاء من كندة والمكسيك)، غطى تقريباً كل الولايات المتحدة إلى غرب المسيسبي. وهذه -ضعوا في أذهانكم- سلة خبز أمريكة؛ منطقة تنتج تقريباً نصف حبوب العالم. ومن الجدير بالذكر أن الرماد ليس كالثلج المتساقط الذي يذوب في الربيع. إذا أردتم أن تزرعوا المحاصيل مرة أخرى، يجب أن تجدوا مكاناً ما كي تضعوا كل الرماد فيه. استغرق آلاف العمال ثمانية أشهر كي يزيلوا 1.8 بليون طن من الحطام من 6.5 هكتارات من موقع مركز التجارة العالمي في نيويورك. تخيلوا كم سيستهلك تنظيف كانساس من الوقت.

ناهيك عن العواقب المناخية. حدث آخر انفجار لبركان عملاق على الأرض في توبا، في شمال سومطرة، منذ 74,000 سنة. لا أحد يعرف تماماً كم كان قوياً، ولكنه كان مدمِّراً. تُظهر أعماق الجليد في غرينلندة أن انفجار توبا تبعه على الأقل ستة أعوام من «الشتاء البركاني»، ولا أحد يعرف كم من مواسم الزراعة السيئة التي أعقبت. ويُعتقد أن الحدث يمكن أنه دفع البشر إلى حافة الانقراض، مخفضاً

عدد سكان العالم إلى بضعة آلاف. يعني هذا أن البشر الحديثين جميعاً نشؤوا من قاعـدة سكانية صغيرة، وهذا ما يشرح افتقارنا إلى التنوّع الجيني. على أي حال، هنـاك بعض الأدلة التي توحي أنـه في الأعوام العشرين ألف اللاحقة لم يكن عدد سكان العالم الكلي أبداً أكثر من بضعة آلاف في أي وقت. وهذا -من نافلة القول- وقت طويل للشفاء من انفجار بركاني واحد.

كان هـذا مهماً على المستوى النظري حتى عـام 1973، حين طرأ حدث غريب جعلـه يكتسب زخماً: بدأ الماء في بحيرة يلوستـون -في قلب الحديقة- يفيض على الضفـاف في الطـرف الجنوبي مـن البحيرة، وغمـرت مرجاً، بينمـا في الطرف المقابـل من البحيرة تدفق الماء بشكل غامض. قام علماء الجيولوجيا بمسح سريع واكتشفـوا أن منطقـة ضخمـة مـن الحديقة طـوّرت انتفاخاً سيئاً رفـع طرفاً من البحـيرة، جاعلاً المـاء يطوف من الطـرف الآخر، كم سيحدث حـين ترفع طرفاً مـن بركة طفـل. وفي 1984 ارتفعت المنطقة الوسطى مـن الحديقة أكثر من 100 مـتر مربـع أكثر من متر عما كانـت عليه في 1924، حين مُسحـت الحديقة أخيراً بشكل رسمي. ثم، في 1985، انخفض الجزء الأوسط من الحديقة 20 سنتمتراً (8 إنشات). وتبدو أنها ترتفع الآن مرة ثانية.

أدرك علمـاء الجيولوجيـا أن شيئاً واحداً فحسب يمكـن أن يسبب هذا: غرفة ماغمـا غـير مستقرة. لم تكـن يلوستون مركز بـركان عملاق قـديم؛ وإنما مركز بـركان ناشط. وفي نحو ذلك الوقت كانوا قادرين على استنتاج أن دورة انفجارات يلوستـون تبلغ معدل انفجار واحد كبير كل 600,000 سنة. حدث آخر انفجار منذ 630,000 سنة. إن انفجار يلستون -على ما يبدو- متوقع.

قال لي بول دوس، عالم الجيولوجيا في منتزه يلوستون القومي، حالاً بعد النزول مـن الدراجة الضخمة هارلي دايفدسون، وبعـد أن تصافحنا حين التقينا في مقر المنتزه في ينابيع ماموث الحارة في صباح يوم باكر جميل من أيام حزيران: «يمكن ألا تشعـر بذلك، لكنـك تقف فوق أنشط بـركان في العالم». إن دوسـ -المولود في

إنديانة- رجل طيِّع ناعم الكلام ومستغرق في تفكيره ولا يبدو كموظف في المنتزه. له لحية تميل إلى الشيب وشعر مربوط إلى الخلف كذيل المهر الطويل. خرص صغير من الياقوت الأزرق يزين إحدى أذنيه. وينتأ كرش من بزته الخاصة بالعمل. يبدو كموسيقي بلوز أكثر مما يبدو موظّفاً حكومياً. والواقع أنه موسيقي بلوز (يعزف على الهارمونيكا). ولكنه بالتأكيد يعرف الجيولوجيا ويحبها. «حصلت على أفضل مكان في العالم لممارسة الجيولوجيا»، قال فيما كنا ننطلق في عربة قافزة ذات أربع عجلات في الاتجاه العام لأولد فيثفول. لقد وافق على جعلي أرافقه مدة يوم، وهو يقوم بواجبه كجيولوجي في المنتزه. كانت الوظيفة الأولى في ذلك اليوم هي تقديم حديث تمهيدي لمجموعة جديدة من الأدلاء السياحيين.

بالكاد أحتاج إلى أن أشير أن يلوستون جميلة حسياً، بجبال خضراء مهيبة، ومروج منقطة بالثيران، والجداول القافزة، وبحيرة بلون السماء، وحياة برية لا تُحصى. يقول دوس: «لا يوجد أفضل من هذا المكان إذا كنت عالم جيولوجيا. لديك صخور في الأعلى في بيرتوث جاب عمرها ثلاثة بلايين عام ثلاثة أرباع الطريق إلى بداية الأرض، ثم لديك ينابيع معدنية هنا» يشير إلى الينابيع الكبريتية الحارة التي تأخذ منها ماموث اسمها «حيث بوسعك رؤية الصخور كما هي مولودة. وبينهما يوجد كل ما بوسعك تخيله. لم أذهب إلى أي مكان تبدو الجيولوجيا فيه أكثر وضوحاً أو أجمل».

قلت: «إذاً تحبها؟»

«آه، نعم، أحبها» - أجاب بصدق. «أعني أحبها حقاً هنا. الشتاء قاسٍ والراتب ليس جيداً، ولكن حين يكون الأمر جيداً، إنه -» قاطع نفسه كي يشير إلى فجوة بعيدة في سلسلة جبال إلى الغرب، انكشفت في مدى بصرنا حين بلغنا مرتفعاً. أخبرني أن الجبال كانت تعرف باسم جالاتينز. «إن الفجوة تبلغ ستين أو سبعين ميلاً. لم يفهم أحد لوقت طويل سبب وجود فجوة كهذه، ثم أدرك بوب كريستاينسن

أن سبب وجودها هو انفجار الجبال. حين يمحى ستون ميلاً من الجبل تعرف أنك تتعامل مع شيء قوي. استغرق كريستيانسن ستة أعوام كي يستنتج هذا».

سألته ما الذي جعل يلوستون تنفجر حين حدث هذا.

«لا أعرف. لا أحد يعرف. البراكين أمور غريبة. فنحن لا نفهمها كلها في الواقع. كان فيزوف في إيطالية ناشطاً مدة ثلاث مئة عام إلى أن حدث الانفجار في 1944 ثم توقف. لقد صمت منذ ذلك الوقت. يعتقد بعض علماء البراكين أنه يعيد شحن نفسه بطريقة كبيرة، وهذا يدعو إلى القلق؛ لأن مليوني شخص يعيشون في جواره. ولكن لا أحد يعرف».

«وكم من التحذير ستتلقى إذا انفجرت يلوستون؟

هز كتفيه. «لا أحد كان في الجوار حين انفجر آخر مرة، ولهذا لا أحد يعرف ما هي إشارات التحذير. ربما سيحصل حشد من الزلازل وارتفاع ما للسطح، وربما بعض التغيرات في أنماط سلوك الينابيع الحارة وفتحات البخار، ولكن لا أحد يعرف في الحقيقة».

«من الممكن أن ينفجر إذاً دون تحذير؟»

هز رأسه مفكراً. قال: إن المشكلة هي أن كل الأمور التي تشكل إشارات تحذير توجد سابقاً بقياس ما في يلوستون. «الزلازل هي عادة نُذر انفجار البركان، ولكن حدثت كثيرٌ من الزلازل سابقاً في المنتزه: وقع 1260 منها العام الماضي. كان معظمها ضعيفاً لا يُشعر به، ولكنها مع ذلك زلازل».

إن تغيّراً في نمط الانفجارات يمكن أن يقرأ أيضاً كإشارة - كما قال - ولكن هذه تتنوع بشكل لا يمكن التنبؤ به. مرة كان أكثر نبع حار شهرة في المنتزه هو نبع إكسيلسيور. كان ينفجر بانتظام وبشكل كبير إلى ارتفاع 100 متر، ولكنه هدأ في 1988. ثم انفجر في 1985 ثانية إلى ارتفاع 25 متراً. إن نبع ستيمبوت الحار هو أكبر نبع في العالم حين ينفجر، يطلق الماء على ارتفاع 120 متراً، ولكن الفواصل

بـين انفجاراتـه تراوحت من أربعة أيام إلى خمسين عامـاً تقريباً. قال دوس: «إذا انفجـر الآن مـرة أخرى الأسبوع القـادم، فلن يقول لنا هذا أي شـيء مطلقاً عما يمكن أن يفعله الأسبوع الآتي، أو الذي بعده أو بعد عشرين سنة من الآن. إن المنتزه كله متقلّب، بحيث إنّه من المستحيل جوهرياً استنتاج أي شيء من كل ما يحدث».

لـن يكون من السهل إجلاء سكان يلوستـون. يأتي إلى المنتزه ثلاثة مليون زائر سنويـاً، وخصوصاً في أشهر الصيف الثلاثة. إن طـرق المنتزه قليلة نسبياً وجُعلت ضيقـة قصـداً من أجـل إبطاء وسائط النقـل ومن أجل الحفاظ علـى جو المنظر وجماله، ومن أجـل القيود الطبوغرافية. وفي أوج الصيف يمكن أن يستغرق الأمر نصف نهار لعبـور المنتزه وساعات للوصول إلى أي مكان داخله. قال دوس: «أينما يـرى الناس الحيوانات يتوقفون، أينما كانوا. لدينا ازدحام دببة، وازدحام ثيران، وازدحام ذئاب».

في خريـف عام 2000 اجتمع ممثلون من المسـح الجيولوجي الأميركي وخدمة المنتـزه القومي مع بعض الأكاديميين وشكلوا ما يُدعى بمرصد يلوستون البركاني. وكانـت أربع مـن هذه الهيئـات موجـودة سابقاً في هـاواي وكاليفورنيـة وألاسكة وواشنطن ولكن من الغريب أنها لم تكن موجودة في أكبر منطقة بركانية في العالم. إن مرصـد يلوستون الجيولوجي ليس في الواقع فكرة، أو اتفاقاً لتنسيق الجهود في دراسـة وتحليل البنيـة الجيولوجية المتنوّعة للمنتزه. كانت إحـدى مهماتها الأولى وضع «خطة لمواجهة مخاطر الزلازل والبراكين»، خطة عمل للتعامل مع الأزمات.

قلت: «ألا توجد واحدة سابقاً؟».

ابتسم: «حسناً، لنقل: إنها لم تعد موجودة الآن».

حالمـا وُضعت الخطة طُلـب من ثلاثة رجـال: كريستسانسـن في منتزه مينلو، كاليفورنيـة، البروفسـور روبـرت ب. سميث في جامعـة أوتاه ودوسـ في المنتزه أن يدرسـوا درجـة الخطر الناجمة عـن أي جائحة محتملة وينصحـوا مدير المنتزه.

سيتخذ المدير القرار إن كان يجب إخلاء المنتزه. بالنسبة للمناطق المحيطة، لا يوجد خطط. ستعتمدون على أنفسكم حالما تخرجون من الحديقة ولن يكون هناك كثيرٌ من المساعدة إذا كان انفجار يلوستون هائلاً.

يمكن أن يمر عشرات الآلاف من السنين قبل أن يأتي هذا اليوم. ويعتقد دوس أن يوماً كهذا يمكن ألا يأتي مطلقاً. قال: «إن وجود نموذج في الماضي لا يعني أنه لا يزال صحيحاً. ثمة بعض الأدلة بأن النموذج يمكن أن يكون سلسلة من الانفجارات الكارثية، ثم مدة طويلة من الهدوء. يمكن أننا فيها الآن. والدليل على ذلك الآن هو أن معظم غرفة الماغما تبرد وتتبلّر. إنها تُطلق موادها المتطايرة؛ وتحتاجون إلى رؤية هذه المواد؛ كي تعرفوا أن الانفجار سيحدث».

هناك أيضاً كثير من الأخطار الأخرى في يلستون وحولها، كما أوضح الدمار في ليلة 17 آب 1959، في مكان يُدعى بحيرة هيبجين خارج المنتزه تماماً. قبل منتصف الليل بعشرين دقيقة في ذلك التاريخ، ضرب زلزال كارثي هيبجين. كان بقوة 7.5، لم يكن نطاقه واسعاً كما تحدث الزلازل، وإنما متقطع وعنيف جداً بحيث انهار جانب الجبل. كان هذا في أوج الموسم الصيفي، بالرغم من أنه لحسن الحظ لم يكن يذهب كثير من الناس إلى يلوستون في تلك الأيام كما الآن. اندفع ثمانون مليون طن من الصخور، بسرعة تتجاوز 160 كيلومتراً في الساعة، بعد أن سقطت من الجبل، وتحركت بقوة وزخم بحيث إنّ قمة الانزلاق الأساسية جرت على ارتفاع 120 متراً فوق جبل في الجانب الآخر من الوادي. كان يقع في الطريق جزء من أرض خاصة بنصب الخيام في روك كريك. قُتل 28 مخيّماً ودُفن تسعة عشر منهم عميقاً بحيث لم يُعثر عليهم أبداً. كان الدمار سريعاً وماكراً بشكل يحطم القلب. نجا ثلاثة إخوة كانوا نائمين في خيمة واحدة أما الأب والأم، اللذان كان ينامان في خيمة أخرى فقد جُرفا ولم يُشاهدا بعد ذلك.

قال دوس: «إن زلزالاً كبيراً سيحدث مرة ثانية. لا تستطيع الاعتماد على هذا. هذه منطقة صدوع للزلازل».

وبالرغم من زلزال هيبحين والأخطار الأخرى المعروفة، فإن يلوستون لم تحصل على مرجافات دائمة حتى السبعينيات.

إذا كنتم بحاجة إلى طريقة لفهم عظمة وعناد العمليات الجيولوجية، فبوسعكم أن تفعلوا ما هو أسوأ من التفكير بجبال تيتونز، السلسلة الوعرة جداً التي تقع إلى الجنوب من منتزه يلستون القومي. منذ تسعة ملايين عام، لم تكن جبال تيتونز موجودة. كانت الأرض التي حول (جاكسون هول) سهلاً عشبياً مرتفعاً. ثم انفتح صدع بطول 64 كيلومتراً داخل الأرض ومنذ ذلك الوقت، ومرة كل تسع مئة عام، يحدث زلزال كبير في تيتونز، ما يكفي كي يرفعها مترين آخرين. وصل هذا التقبّب المتكرر، مع مرور الدهور التي رفعتها إلى ارتفاعاتها المهيبة، إلى 2000 متر.

إن التسع مئة عام معدل مضلل نوعاً ما. وكما قال روبرت ب. سميث ولي ج.سيغل في كتاب نوافذ على الأرض، وهو يتحدث عن التاريخ الجيولوجي للمنطقة: إن آخر زلزال رئيس في تيتونز حدث منذ مدة تقدر بين خمسة آلاف وسبعة آلاف سنة. إن تيتونز هي أكثر مناطق العالم تعرضاً للزلازل تقريباً.

إن انفجار المياه الحارة يشكل هو أيضاً أخطاراً كبيرة. يمكن أن يحدث في أي وقت، وفي أي مكان ودون إمكانية للتنبؤ به. قال لي دوس بعد أن شاهدنا انفجار أولد فيثفول: «أنت تعرف أنه لدينا خطة لإدخال الناس إلى أحواض المياه الحارة. هذا ما يأتون لرؤيته. أتعرف أن هناك حمّات وينابيع في يلوستون أكثر مما يوجد في أنحاء العالم كلها؟».

«لا أعرف هذا».

هزّ رأسه. «عشرة آلاف منها، ولا أحد يعرف متى تظهر فتحة جديدة».

ذهبنا بالسيارة إلى مكان يُدعى بحيرة البط، وهي بعرض مئتي متر. قال: «تبدو آمنة بشكل كامل. إنها مجرّد بركة كبيرة. ولكن هذه الحفرة الكبيرة لم تكن هنا. في وقت ما في الخمسة عشر ألف سنة الأخيرة حدث انفجار هائل فيها. ستحصل على عشرات الملايين من الأطنان من التربة والصخور والماء المسخّن

إلى درجة فائقة للعادة تنفجر بسرعة أعلى من سرعة الصوت. بوسعك أن تتخيل كيف ستكون إذا حدثت في الأسفل، لنقل في منطقة صف السيارات في أولد فيثفول أو في أحد مراكز الزوار». كان على وجهه تعبير حزين.

«هل سيكون هناك أي تحذير؟».

«كلا على الأرجح. حدث آخر انفجار كبير في المنتزه في مكان يدعى حمّة بورك تشوب في 1989. خلّف الانفجار حفرة عرضها خمسة أمتار. ليست كبيرة، ولكنها كبيرة بما يكفي إذا كنت تقف هناك وقت الانفجار. لحسن الحظ، لم يتأذّ أحد ولكن هذا حدث دون تحذير. وفي الماضي البعيد حدثت انفجارات أحدثت حفراً بعرض ميل. لا أحد يستطيع إخبارك أين ومتى يمكن أن يحدث هذا مرة أخرى. عليك فقط أن تأمل أنك لا تقف هناك حين يحدث هذا».

تشكّل انهيارات الصخور الكبيرة خطراً أيضاً. حدث انهيار كبير في وادي جاردينر في 1990، ولكن لحسن الحظ لم يتأذّ أحد. وفي أواخر بعد الظهر، زرت أنا ودوس مكاناً يتدلى فيه صخر في الأعلى فوق طريق منتزه مزدحم. كانت الشقوق واضحة. قال دوس وهو يفكّر: «يمكن أن تنهار الصخور في أي وقت».

«أنت تمزح»، قلت له. لا تمر لحظة إلا وتعبر تحتها سيارتان مكتظتان بالمخيّمين السعيدين.

أضاف: «آه، إنه من غير المرجّح. أنا أقول: إنه يمكن أن ينهار. ويمكن أن يبقى هكذا لعقود. لا تستطيع أن تعرف فحسب. على الناس أن يقبلوا أن المجيء إلى هنا ينطوي على مجازفة. هذا هو كل ما في الأمر».

فيما كنا نسير عائدين إلى عربته كي نرجع إلى ينابيع ماموث الحارة، أضاف دوس: «إلا أن الأمور السيئة تحدث في معظم الأوقات. إن الفتحات الجديدة لا تنفتح فجأة. فبالرغم من كل عدم الاستقرار هذا، فإنها هادئة بشكل مذهل ولافت للنظر».

قلت: «كالكوكب الأرضي».

وافقني: «بالضبط».

إن الأخطار في يلوستون تهدد الموظفين كما تهدد الزوّار. وقد فهم دوس هذا بشكل مخيف في أسبوع عمله الأول منذ خمس سنوات. ففي وقت متأخر في إحدى الليالي، كان ثلاثة موظفين شبان يعملون في إجازة الصيف منخرطين في نشاط غير قانوني، يُعرف باسم السباحة في القدور الحارة أو التدفؤ فيها. وبالرغم من أن المنتزه لا يعلن عن هذا لأسباب واضحة، فليست البرك جميعها في يلوستون حارة بشكل خطر. بعضها مناسب للاستلقاء فيه، وكان من عادة بعض الصيفيين أن يقوموا بغطسة في وقت متأخر من الليل، بالرغم من أن هذا كان مخالفاً للقواعد المتبعة. وبسبب حماقة الثلاثي لم يأخذوا معهم مشعلاً كهربائياً، وكان هذا في غاية الخطورة؛ لأن معظم التربة حول البرك الدافئة هشة ورقيقة، ويمكن أن يسقط المرء بسهولة في فتحة حارقة في الأسفل. على أي حال، حين عادوا إلى غرفتهم، عثروا على جدول كان عليهم أن يقفزوا فوقه في وقت أبكر. تراجعوا بضع خطوات، شابكوا أذرعتهم، وبعد أن عدوا إلى ثلاثة قفزوا راكضين. غير أن هذا لم يكن الجدول في الواقع. كان البركة التي تغلي. ففي الظلام فقدوا الاتجاه. وهلك الثلاثة.

فكرت في هذا في الصباح اللاحق وأنا أقوم بزيارة قصيرة -حين كنت أغادر المنتزه- إلى مكان يُدعى بركة إميرالد، في حوض الحمة الأعلى. لم يكن لدى دوس الوقت كي يأخذني إلى هناك في اليوم السابق، ولكنني اعتقدت أنني يجب أن ألقي نظرة عليها على الأقل، ذلك أن إميرالد بول موقع تاريخي.

في عام 1965 قام فريق من علماء البيولوجيا مؤلف من زوج وزوجة هما توماس ولويز بروك بأمر جنوني فيما كانا في نزهة صيفية. جرفا بعض الأوساخ الصفراء التي تميل إلى اللون البني التي تحف بالبركة وفحصا إن كان فيها حياة. ومما سبب دهشتهما العميقة ودهشة العالم كله، أنها كانت مليئة بالميكروبات الحية. عثرا على أول إكستريموفايلز extremophiles في العالم، وهي متعضيّات يمكن أن تعيش في الماء الذي افتُرِض سابقاً أنه حار جداً أو حمضي أو مليء بالكبريت بحيث

لا يحتـوي على حيـاة. كانت (إميرالد بول) -بشكل لافـت- كل هذه الأشياء، غير أن نمطين من الأشياء الحيـة، هما سولفولوبس أسيدوكالداريوس Sulpholobus acidocaldarius وثيرموفيلوس أكواتيكوس Thermophilus aquaticus، كمـا صـارا يُعرفان، وجداها ملائمة. افتُرض دوماً أنه لا شيء يمكن أن يحيا في درجة حـرارة أعلى من 50 درجة مئوية، ولكـن كان هناك متعضيات تتدفأ في مياه عفنة حمضية، درجة حرارتها أعلى بمرتين.

ولمدة عشرين عاماً تقريباً، بقيت بكتيريا جديدة، وهي ثيرموفيلوس أكواتيكوس Thermophilus aquaticus، شيئـاً مثيراً للفضـول في المخابر إلى أن أدرك عالم في كاليفورنيـة يدعى (كاري ب. موليز) أن الإنزيمـات المقاومة للحرارة، التي في داخلهـا يمكن أن تُستخـدم لصناعة سحر كيميائي يعرف باسـم تفاعل متسلسل متبلمـر(*) polymerase chain reaction، ممـا يسمح للعلمـاء بتوليد كثير من الـ(DNA) من كميات صغـيرة جداً، صغيرة كجـزيء واحد في أوضـاع مثالية. إنـه نوع من التناسخ الجيني، وصـار أساس علم الوراثة اللاحق كله، من الدراسة الأكاديميـة إلـى عمل الشرطـة الجنائيـة. وهذا جعل موليـز يفوز بجائـزة نوبل للكيمياء في 1993.

في غضون ذلك، كان العلماء يكتشفون ميكروبات أكثر صلابة تُعرف الآن باسم هايبرثيرموفايلس hyperthermophiles، تتطلب 80 درجة حرارة مئوية أو أكثر. إن أسخن متعض عُثر عليه حتى الآن -بحسب فرانسيس أشكروف في كتابها الحياة في الأطراف القصوى- هو بايرولوبوس فوماري Pyrolobus fumarii، الذي يحيا علـى جدران فتحات المحيط حيث يمكن أن تصـل الحرارة إلى 113 درجة مئوية. ويعتقد أن الحد الأعلى للحياة هو 120 درجة مئوية، بالرغم من أنه لا أحد يعرف بالفعـل. علـى أي حال، لقد غيرت مكتشفـات الزوجين بروك بشـكل كامل فهمنا

(*) شـكل مـن التفاعل تُحـدث فيه الجزيئات السباقـة إلى التفاعل حالة معيّنـة كإطلاق الطاقة مثـلاً، تسبّب تفاعل جزيئات أخـرى، وبهذه الطريقة تنشأ سلسلة مـن التفاعلات تتتابع حتى تُستهلك المادة المتاحة كلها.

للعــالم الحي. كما عبّر عالم ناسا جي بيرجستراهــل Jay Bergstrahl عن الأمر: «أينما ذهبنا على الأرض حتى فيما يبدو مثل البيئات الأكثر عداء للحياة نعثر على الحياة طالما أن هناك ماء سائلاً ومصدراً ما للطاقة الكيميائية».

تبيّن أن الحياة هي أكثر ذكاء وتكيفاً بكثير مما افترضه أي شخص. وهذا أمر جيــد جداً؛ لأننا -كما سنرى- نحن نعيش في عــالم لا يبدو أن كله يريدنا أن نكون هنا.



الباب الخامس

الحياة نفسها

كلما فحصت الكون ودرستُ تفاصيل هندسته كلما عثرت على دليل بأن الكون كان يعرف بطريقة ما أننا قادمون.

فريمان دايسون

الفصل السادس عشر

كوكب وحيد

ليس من السهل أن تكون متعضّياً. وبقدر ما نعرف حتى الآن، هناك مكان واحد في الكون فحسب - موقع واحد في الطريق اللبنية غير واضح يُدعى الأرض - سيبقيك حياً لكن من الممكن أن يضنَّ عليك أيضاً.

من قاع أعمق حفرة في المحيط إلى قمة أعلى جبل، إن المنطقة التي تشمل الحياة المعروفة كلها هي بسماكة 20 كيلومتراً فقط. وهذا ليس كثيراً إذا قيست باتساع الكون.

هذا أسوأ بالنسبة لنا نحن البشر؛ لأنه صادف أننا ننتمي إلى الأشياء الحية التي اتخذت القرار المتهوّر، والمغامر منذ 400 مليون سنة كي تزحف خارجة من البحار وتصبح بريّة ومتنفّسة للأوكسجين. ومن ثمّ، ما لا يقل عن 99,5% من حجم العالم القابل للسكن، بحسب أحد التقديرات، هو جوهرياً -من زاوية عملية بشكل كامل- محظور علينا.

ليس السبب لأننا لا نتنفّس في الماء فحسب، وإنما لأننا أيضاً لا نستطيع تحمّل الضغط. لأن الماء أثقل من الهواء بنحو 1,300 مرة، يرتفع الضغط بسرعة فيما أنتم تهبطون بما يعادل جويّة(*) واحدة على عمق كل 10 أمتار. أما على اليابسة، إذا صعدتم إلى قمة ارتفاعها 150 متراً كاتدرائية كولونيا أو الصرح التذكاري في واشنطن فإن التغيّر في الضغط سيكون ضئيلاً وغير قابل للتمييز. أما على عمق 150 متراً تحت الماء -على أي حال- فستتمزّق شرايينك وتُضغط رئتاك وتصيران بحجم علبة كولا. ومن المفاجئ أن الناس يقومون طوعياً بالغوص إلى أعماق كهذه، دون أجهزة تنفّس، من أجل التسلية، في رياضة تُعرف باسم الغطس الحر. وعلى

(*) وحدة ضغط تعادل ضغط الهواء عند سطح البحر، أو 14,69 رطلاً إنكليزياً في الإنش المربع. المترجم.

ما يبدو، يُعتقد أنّ تجربة تشويه أعضائك الداخلية بشكل سيئ منعشة (بالرغم من أنها على ما يُفترض ليست منعشة مثل جعلها تعود إلى أبعادها السابقة لدى الخروج إلى السطح). للوصول إلى أعماق كهذه، يجب أن يُجر الغطاسون إلى الأسفل، وبخفّة، بالأثقال. كان العمق الذي استطاع أي شخص أن يصل إليه دون مساعدة وعاد كي يتحدث عنه هو 72 متراً، وهذا إنجاز كبير حققه إيطالي يُدعى أمبرتو بليزاري، الذي غاص في 1992 إلى ذلك العمق، بقي جزءاً من مليون من الثانية ثم اندفع عائداً إلى السطح. ومن زاوية أرضية، إن 72 متراً هي أقصر بقليل من رمية كرة. وهكذا حتى في أكثر أعمالنا حيوية وإثارة بالكاد نستطيع الزعم أننا سادة الهاوية.

تستطيع متعضّيات أخرى بالطبع أن تتعامل مع الضغط في الأعماق، بالرغم من أنه لا يزال لغزاً كيف يستطيع بعضها أن يفعل ذلك. إن أعمق نقطة في المحيط الهادئ هي خندق ماريانا. هناك -على عمق 11.3 كيلومتر في الأسفل- يرتفع الضغط إلى 16 ألف رطل في كل إنش مربّع. وقد نجحنا مرة واحدة فقط -ولوقت قصير جداً- في إرسال البشر إلى ذلك العمق في غواصة قويّة، ومع ذلك اكتُشف أنها مستعمرات لمزدوجات الأرجل، وهي نوع من القشريات الشبيهة بالقريدس، ولكنها شفّافة، تحيا دون أي حماية مطلقاً. إن معظم المحيطات هي بالطبع أقل عمقاً، ولكن حتى على عمق 4 كيلومترات يعادل الضغط انسحاقك تحت كومة من أربع عشرة شاحنة محملة بالإسمنت.

يفترض الجميع تقريباً، بالإضافة إلى مؤلفي بعض الكتب المشهورة عن علم المحيطات، أن الجسم البشري سيتفتت تحت الضغط الهائل للمحيط العميق. إلا أن الأمر لا يبدو في الواقع هكذا. ولأننا مصنوعون من الماء بشكل كبير، ولأن الماء هو «غير قابل للانضغاط» -كما عبّر فرانسيس آشكروفت من جامعة أكسفورد- «فإن الجسم يبقى في الضغط نفسه كالماء المحيط، ولا يُسحق في العمق». فالغازات التي داخل الجسم -وخصوصاً في الرئتين- هي التي تسبب المشكلة. فهذه تنضغط

بالرغـم من أنه من غير المعروف في أي نقطة يُصبـح هذا الضغط قاتلاً. واعتُقد حتـى وقـت متأخر أن أي شخصـ يغوص إلى عمـق 100 متر أو مـا يقارب ذلك، سيمـوت من الألم بما أن رئتيه تنفجران نحـو الداخل أو ينهار جدار صدره، ولكن الذين يقومون بالغطس الحر برهنوا مراراً على ما يخالف ذلك. ويبدو -كما يقول آشكروفت- كأن: «البشر يمكن أن يشبهوا الحيتان والدلافين أكثر مما هو متوقع».

يمكن أن تكون أمور كثيرة أخرى خطأ. ففي أيام بزات الغطس ذلك النوع الذي يتـم وصله إلى السطح بخراطيم طويلة، كان الغطاسون يعانون أحياناً من ظاهرة مقيتـة تُدعى «العصر». كان هذا يحصـل حين تُعطّل مضخّات السطح، مؤدّية إلى فقدان كارثي للضغط في البزة. يترك الهواء البزة بعنف، بحيث إنّ الغطاس السيئ الحظ سيُمتص من الخوذة وأنبوب الخرطوم. حين يُرفع إلى الأعلى، «كل ما يبقى من البزة هو عظامه وبعض قطع لحمه»، كما قال عالم البيولوجيا ج.ب.س هالدن في 1947، مضيفاً كي يبدّد الشكوك: «لقد حدث هذا».

(والجدير بالذكـر أن خوذة الغطس التي صمّمها إنكليزي يُدعى تشارلز دين، لم تكـن تهدف إلـى الغطس وإنما لإطفاء الحريق. دُعيت «خـوذة الدخان»، لكنها كانـت حـارة وثقيلة لأنهـا مصنوعة من المعـدن؛ وكما اكتشف ديـن في الحال، لم يكـن رجال الإطفـاء متلهفين لدخول الأبنية المشتعلة في أي نـوع من أنواع اللباس، وخصوصـاً في شيء يسخن كركوة ويضايقهم في أثنـاء العمل. وفي محاولة لإنقاذ استثماره، جربها دين تحت الماء واكتشف أنها مثالية للإنقاذ من الغرق).

إن ما يثير الرعب الحقيقي في الأعماق هو الآلام الحادة وصعوبة التنفس ليس لأنهـا غير سارة -بالرغم من أنها كذلك بالطبع- بقدر ما لأنها مرجحة أكثر. إن الهواء الذي نتنفّسه يحتوي على 80% من النتروجين. ضع الجسم الإنساني تحت الضغط، فيتحول ذلك النتروجين إلى فقاعات صغيرة تهاجر إلى الدم والأنسجة. إذا تغيّر الضغط بسرعة كما لدى الصعود السريع لغطّاس، فإن الفقاعات العالقة داخل الجسم ستبدأ بالفوران على غرار زجاجة شمبانيا لدى فتحها، سادّةً الأوردة

الدموية الصغيرة، ومجردة الخلايا من الأوكسجين ومسببة ألماً كبيراً بحيث إنّ المعانين يتلوّون من الألم الشديد المضاعف.

كانت هذه الآلام الحادّة تشغل الغطاسين من أجل صيد الإسفنج واللآلئ منذ الزمن القديم، ولكنها لم تلفت انتباهاً كثيراً في الغرب حتى القرن التاسع عشر، وحينها كانت تحدث بين أشخاص لم يتبللوا إطلاقاً (أو على الأقل، غير مبللين جداً ولا يقفون في الماء عادة إلى فوق الكاحلين). كانوا عمال البناء تحت الماء. كانت القيسونات حجرات صامدة أمام الماء تُستخدم للبناء تحت المياه. وهي مملوءة بالهواء المضغوط، وحين كان العمال يخرجون بعد مدة مطولة من العمل تحت هذا الضغط الاصطناعي، كانوا يعانون من أعراض خفيفة كالوخز أو الحكة وشعر بعضهم بألم حادّ في المفاصل، وكانوا ينهارون من الألم، ويموتون في أحيان أخرى.

كان هذا محيّراً جداً. كان العمال يذهبون أحياناً إلى النوم شاعرين بالراحة، ولكنهم كانوا يستيقظون مشلولين. وكانوا لا يستيقظون مطلقاً في أحيان أخرى. روى آشكروفت قصة عن مديري نفق جديد تحت نهر التيمز أقاموا مأدبة احتفالية حين اكتمل النفق. ومما سبب رعبهم أن الشمبانيا لم تفر حين فتحت في الهواء المضغوط للنفق. على أي حال، حين خرجوا أخيراً إلى الهواء النقي في مساء لندني، اندفعت الفقاعات فوراً إلى الفوران، مقويّة عملية الهضم كما يُذكر.

وإذا ما غضضنا الطرف عن تجنب بيئات الضغط المرتفع، فليس هناك إلا إستراتيجيتين مضمونتين ضد الآلام الحادة وضيق التنفّس: الأولى هي معاناة التعرض لتغيرات في الضغط لوقت قصير جداً. لهذا السبب يستطيع الغطاسون الأحرار -الذين ذكرتهم في السابق- الغوص إلى عمق 150 متراً دون تأثيرات مرضية. وهم لا يمكثون في الأسفل طويلاً بما يكفي كي ينحلَّ النتروجين في أنظمتهم ويدخل أنسجتهم. إن الحلول الأخرى هي الصعود بعناية على مراحل. يسمح هذا للفقاعات الصغيرة بأن تنحلّ دون أن تسبب أذى.

يعود الفضل في جزء كبير مما نعرفه عن النجاة من الأخطار إلى الفريق الفائق للعادة المؤلف من الأب والابن (جون سكوت وج.ب.س هالدن). كان الاثنان غريبين بشكل مدهش حتى وفقاً للمعايير المتطلّبة للمفكرين البريطانيين. وُلد هالدن الأب في 1860 لأسرة أسكتلندية أرستقراطية (كان أخوه الفسكونت هالدن)، ولكنه أمضى معظم حياته المهنية كأستاذ متواضع لعلم وظائف الأعضاء في أكسفورد. كان مشهوراً بشروده. مرة، بعد أن أرسلته زوجته إلى الطابق العلوي؛ كي يبدل ثيابه من أجل حفل عشاء، لم يعد واكتُشف أنه كان نائماً في سريره بالبيجاما. حين نهض، شرح هالدن أنه وجد نفسه يتعرى مفترضاً أنه وقت النوم. كانت فكرته عن العطلة هي السفر إلى كورنوال لدراسة داء الأنسيلوستوما لدى عمال المناجم. وسخر ألدوس هكسلي، الروائي وحفيد ت.هـ. هكسلي، الذي عاش مع آل هالدن مدة منه بشكل لا يرحم وسماه العالم إدوارد تانتماونت في رواية نقطة ضد نقطة.

كانت هبة هالدن للغطس هي أن يعمل على أوقات الاستراحة الضرورية لتدبر الصعود من العمق دون حدوث الآلام الحادة والصعوبة في التنفس، ولكن اهتماماته تجاوزت علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) إلى دراسة داء الارتفاع لدى متسلقي الجبال، وضربة الشمس في المناطق الصحراوية. كان له اهتمام خاص بتأثيرات الغازات السامة على الجسم البشري. وكي نفهم بدقة أكبر كيف تقتل تسربات أول أكسيد الكربون عمال المناجم، سمم نفسه منهجياً، وقام بسحب عينات من دمه وقاسها بدقة. وتوقف حين كان على وشك فقدان السيطرة العضلية ووصل مستوى التشبّع في دمه إلى 56%، وهو مستوى -كما قال تريفور نورتون في كتابه الممتع عن تاريخ الغطس، «نجوم تحت البحر»- لا يفصله عن الهلاك سوى جزء يسير.

إن ابن هالدن، جاك، الذي تعرفه الأجيال اللاحقة باسم (ج.ب.س)، كان عبقرياً لافتاً للنظر اهتم بعمل والده منذ الصغر تقريباً. وفي سن الثالثة سُمع وهو يطلب من والده بإلحاح: «ولكن هل هو الهيموغلوبين المؤكسج أم الهيموغلوبين

المكربن؟» في أثناء شبابه، ساعد هالدن والده في التجارب. وفي أثناء مراهقته، اختبر الاثنان الغازات والأقنعة الواقية منها، وقاما بالأمر بالدور؛ كي يعرفا كم يستغرق الأمر كي يغمى عليهما.

وبالرغم من أن ج.ب.س هالدن لم يحصل على أي شهادة في العلم (درس الآداب الكلاسيكية في أكسفورد)، فإنه صار عالماً متألقاً بطريقته الخاصة، وكان يعمل معظم الوقت للحكومة في كمبريدج. دعاه عالم البيولوجيا بيتر ميداوار، الذي أمضى حياته في مشفى أولمبيان للأمراض العقلية «أذكى رجل سبق أن التقيت به». سخر هكسلي من هالدن الشاب في روايته (أنتيك هي) Antic Hay، ولكنه استخدم أيضاً أفكاره عن التلاعب الجيني بالبشر كأساس لحبكة روايته العالم الجديد الطريف. وبين إنجازات أخرى كثيرة، أدى هالدن دوراً محورياً في مزاوجة المبادئ الداروينية مع العمل الجيني لغريغور منديل، لإنتاج ما يعرفه علماء الجينات الحديثون باسم المركّب الحديث Modern Synthesis.

وجد هالدن الشاب الحرب العالمية الأولى «تجربة ممتعة جداً»، بخلاف البشر أجمعين، وأقر علناً أنه «استمتع بفرصة قتل البشر». جُرح مرتين، وبعد الحرب صار داعية شعبياً ناجحاً للعلم وألّف 23 كتاباً (وأكثر من 400 بحث علمي). لا تزال كتبه قابلة للقراءة ومفيدة جداً، بالرغم من أنه ليس من السهل العثور عليها دائماً. صار أيضاً ماركسياً متحمساً. واقترح -ليس بشكل ساخر تماماً- أن هذا كان ناجماً عن طبيعة تناقضية محضة وأنه لو ولد في الاتحاد السوفييتي لكان ملكيّ الهوى. على أي حال، ظهرت معظم مقالاته أولاً في الصحيفة الشيوعية الـ(ديلي ووركر).

وبينما انصبّت اهتمامات والده الرئيسة على المعدّنين والتسمّم، صار الشاب هالدن مهووساً بإنقاذ الغواصات والغطاسين من أخطار عملهم. وبتمويل من الأميرالية صمّم غرفة لإزالة الضغط دعاها «إناء الضغط». كانت عبارة عن أسطوانة معدنية يمكن أن يخدم فيها ثلاثة أشخاص كل مرة، ويخضعون لاختبارات من أنماط مختلفة، كلها مؤلمة وخطرة. يمكن أن يطلب من المتطوعين

الجلوس في المياه المتجمدة، بينما يتنفسون في «جو فاسد»، أو يتم إخضاعهم لتغيرات سريعة في الضغط. في إحدى التجارب، قام هالدن نفسه بخروج سريع خطر من الغوص؛ كي يرى ما الذي سيحدث. ما حدث هو أن الحشوات السنية لديه انفجرت. كتب نورتون: «إن التجارب جميعها تقريباً انتهت بنوبة، من النزف أو التقيؤ». كانت الغرفة عازلة للصوت، وكانت الطريقة الوحيدة للذين في داخلها كي يشيروا إلى أنهم غير مرتاحين، أو متألمين هي أن يقرعوا باستمرار على جدار الغرفة، أو يرفعوا إشارة إلى نافذة صغيرة.

وفي مناسبة أخرى، وبينما كان يسمم نفسه بمستويات مرتفعة من الأوكسجين، أصيب هالدن بنوبة كانت حادة إلى درجة أنه سحق فقرات عدة. كان انهيار الرئتين من الأخطار الشائعة. وكان انثقاب غشاء الطبل شائعاً أيضاً؛ ولكن، كما يشير هالدن بكل ثقة في إحدى مقالاته: «إن غشاء الطبل يشفى عادة؛ وإذا بقي الثقب، فإن المرء يصاب بالصمم نوعاً ما، لكنه يستطيع أن يخرج دخان التبغ من الأذن، وهذا إنجاز اجتماعي».

ما كان فائقاً للعادة حيال هذا هو أن هالدن لم يكن يرغب في إخضاع نفسه لمجازفات وأخطار كهذه في ملاحقة العلم، وإنما لم يجد مشكلة في التحدث مع زملائه وأحبائه، والطلب منهم أن يدخلوا إلى الغرفة أيضاً. ومرة حين طلب من زوجته القيام بصعود تجريبي أصيبت بنوبة استمرت ثلاث عشرة دقيقة، ثم أوقفها على قدميها وأرسلها إلى المنزل؛ كي تعد العشاء. وظّف هالدن بسعادة كل من صادف وكان حوله، ومن المناسبات المشهورة أن رئيس وزراء أسبانية خوان نغرين شكا فيما بعد من وخز ثانوي و«إحساس مدغدغ غريب على شفتيه» ولكنه نجا دون أذى. ربما عدّ نفسه محظوظاً جداً. وتركت تجربه أخرى في الحرمان من الأوكسجين هالدن دون إحساس في ردفيه وأسفل عموده الفقري لست سنوات.

وكان بين اهتمامات هالدن كثيرة المحددة الثمل بالنتروجين. ولأسباب لا تزال مفهومة بشكل محدود، يصبح النتروجين على عمق نحو 30 متراً مسكراً قوياً.

وتحت تأثيره كان من المعروف أن الغواصين يقدمون أنابيب هوائهم لسمكة عابرة، أو يقررون القيام باستراحة من أجل التدخين. وقد أنتج أيضاً تقلبات مزاجية وحشية. وقال هالدن عن أحد الاختبارات: تذبذب «الشخص بين الكآبة والفرح، في لحظة كان يتوسل كي يُحرّر من الضغط؛ لأنه شعر «بشعور مقيت وكريه» وفي الدقيقة اللاحقة كان يضحك ويحاول التدخل في «اختبار براعة زملائه». ومن أجل قياس نسبة التدهور في الموضوع يجب أن يدخل عالم إلى الغرفة مع المتطوع؛ كي يقوم بحسابات رياضية بسيطة. ولكن بعد بضع دقائق -كما تذكر هالدن فيما بعد- «يصبح المختبِر ثملاً كالمُختَبَر، وغالباً ما ينسى أن يشغّل ساعة التوقيت، أو تدوين الملاحظات الملائمة». إن سبب الثمل لا يزال لغزاً حتى الآن. أعتقد أنه يمكن أن يكون الشيء نفسه الذي يسبّب السُكر من الكحول، ولكن بما أنه لا أحد يعرف بشكل مؤكد ما يسبب ذلك، فلسنا أكثر حكمة. على أي حال -دون العناية الأكبر- من السهل الوقوع في مشكلة حالما تغادر عالم السطح.

يعيدنا هذا إلى ملاحظتنا الأولى بأن الأرض ليست المكان الأسهل لوجود المتعضّي، حتى لو كانت المكان الوحيد. يحتوي الجزء الصغير من سطح الكوكب الجاف بما يكفي كي نقف عليه على قسمٍ كبير حار جداً أو بارد جداً أو جاف أو منحدر أو مرتفع بحيث لا ينفعنا كثيراً. ويجب أن نسلّم، جزئيّاً، أنّ هذا خطؤُنا. ومن زاوية القدرة على التكيّف لا فائدة للبشر بشكل مدهش. فعلى غرار معظم الحيوانات نحن لا نحب الأمكنة الحارة كثيراً، ولكن لأننا نتعرّق فإننا نخضع بسهولة للسكتات. نحن معرضون للخطر بشكلٍ خاص. وفي أسوأ الظروف حين يسير الناس دون ماء في صحراء حارة فإنّ معظمهم سيصاب بالهذيان وبالإغماء، ومن المحتمل ألاّ ينهضوا ثانيةً لأكثر من سبع أو ثماني ساعات. ويأسنا ليس أقل من ذلك في البرد. فعلى غرار معظم الثدييات البشر جيّدون في توليد الحرارة، ولكن لأننا تقريباً غير مشعرين لسنا جيدين في الاحتفاظ بها. فحتى في الطقس الجيّد فإنّ نصف الحريرات أو السعرات التي تحرقها تجعل جسدك

دافئاً. نستطيع بالطبع أن نواجه نقاط الضعف هذه إلى حد كبير عبر استخدام الثياب والمأوى، ولكن حتى هكذا فإن أقسام الأرض التي نحن مهيّؤون، أو قادرون أن نعيش فيها هي قليلة بالفعل، إنها لا تمثّل إلا 12% من مساحة الأرض الكليّة وفقط 4% من السطح كلّه إذا شملت البحار. مع ذلك حين تفكرون في الأوضاع في مكانٍ آخر من الكون المعروف، فما يثير العجب ليس أننا نستخدم قليلاً من كوكبنا، وإنما هو أننا نجحنا في العثور على كوكبٍ نستطيع أن نستخدم قطعةً منه. عليكم فقط أن تنظروا إلى منظومتنا الشمسيّة، أو إلى الأرض في أوقات معيّنةٍ من تاريخها، كي تدركوا أنّ معظم الأمكنة أكثر قسوة وأقل إمكانية للحياة من كوكبنا المائي الأزرق واللطيف.

اكتشف علماء الفضاء حتى الآن نحو سبعين كوكباً خارج المنظومة الشمسيّة من بين عشرة بلايين ترليون كوكب، أو ما يقارب ذلك يُعتقد أنهم موجودون. وهكذا فإنّ البشر لا يستطيعون الزّعم بأنّهم يتحدّثون بدقة علمية عن الموضوع، ولكن يبدو أنه إذا كنت ترغب في الحصول على كوكب ملائم للحياة يجب عليك أن تكون محظوظاً، وكلما كانت الحياة أكثر تقدّماً كان عليك أن تكون أكثر حظّاً. حدّد راصدون مختلفون اثنتين وعشرين من الاستراحات المحظوظة التي حصلنا عليها على الأرض، هذا مسح سريع وهكذا فإننا سنختصرها إلى الأربع الرئيسة.

موقع ممتاز. إننا على بعدٍ ملائم إلى درجة غريبة تقريباً من النوع الصحيح من الكواكب، وهو النوع الكبير بما يكفي كي يطلق كثيراً من الطاقة، ولكنه ليس كبيراً بحيث يحرق نفسه بسرعة. ومما يثير فضول الفيزياء أنه كلما كان النجم أكبر ازدادت سرعة احتراقه، فلو كانت شمسنا أكبر مما هي عليه بعشر مرات لاستنفدت نفسها بعد عشرة ملايين عام بدلاً من عشرة بلايين، ولما كنا هنا الآن. إننا محظوظون بأننا ندور في المكان الذي نحن فيه، فلو كنا أقرب بكثير لاحترق كل ما على الأرض، ولو كنا أبعد بكثير لتجمد كل ما عليها.

في عـام 1978 قام عـالم فيزياء فلكية يدعى مايكل هـارت ببعض الحسابات، واستنتـج أن الأرض ستكون غير قابلة للسكن لـو كانت أبعد 1% أو أقرب 5% من الشمسـ، وهـذا ليس كثيراً، وفي الحقيقـة لم يكن كافياً. وقد عُدّلـت الأرقام منذ ذلـك الوقت وصـارت أكثر كرماً 5% أقـرب و15% أبعد اعُتِقـدَ أنهما التقديران الأصح لمنطقة سكننا، ولكن هذا لا يزال حزاماً ضيّقاً(*) .

وكـي نفهم كيف هو ضيّق، علينا فقط أن ننظر إلـى كوكب الزهرة، فهو أقرب إلـى الشمسـ بـ 25 مليون ميل منـا. ويصل إليه ضوء الشمسـ قبلنا بدقيقتين. إن كوكـب الزّهـرة يشبه الأرض في حجمـه وتركيبته ولكنّ الفـارق القليل في المسافة المدارية هو المهم في الكيفيّة التي صار عليها. ويبدو أنه في أثناء الأعوام الأولى من المنظومـة الشمسيّـة، كان الزّهرة أكثر دفئاً من الأرض بقليـل، وعلى الأرجح كان فيـه محيطات. كانت تلك الدرجات القليلـة من الدفء الزائد تعني أن الزهرة لم يستطع أن يحتفظ بالماء على سطحه، مما أدى إلى نتائج كارثية في مناخه. وبما أن مياهه تبخّرت، هربت ذرات الهيدروجين إلى الفضاء وامتزجت ذرات الأوكسجين بالكربـون لتشكيل جـو كثيف من غاز ثـاني أوكسيد الكربون الخاصـ بالاحتباس الحـراري. صار كوكب الزهرة خانقاً. وبالرغم مـن أن الناس في عمري يتذكرون وقتـاً كان فيه علماء الفلـك يأملون أن الزهرة يمكـن أن يحتوي على الحياة تحت غيومه التي تشكل دثاراً، وربما على نوع من الخضرة الاستوائية، فإننا نعرف الآن أنـه بيئة وحشية جداً لا تصلح لأي نوع من أنواع الحياة القابلة للإدراك. إن درجة حـرارة سطحه هـي 470 درجة مئوية، حارة بما يكفـي لتذويب الحديد، والضغط الجوي على السطح هو أكبر من ضغط الأرض بتسعين مرة، أكثر مما يستطيع أي كائـن بشري أن يحتمل. ونفتقر إلـى التكنولوجيا كي نصنع بزات أو حتى مركبات

(*) إن اكتشـاف الإكستريموفايلـز في القدور الطينية التي تغلي في يلوستون، ومتعضيات مشابهة في أمكنـة أخـرى، جعل العلماء يدركون أن حياة من نمط مـا يمكن أن تتعدى ذلك بكثير حتى تحت القشـرة الجليديـة لبلوتو. ما نتحدث عنـه هنا هو الأوضاع التي ستنتـج مخلوقات سطح معقّدة بشكل معقول.

فضائيـة تسمح لنـا بزيارته. إن معرفتنا بسطـح كوكب الزهرة تستنـد إلى صور رادار بعيدة وبعض الضجيج المخيف من مسبار سوفياتي دون رواد رمي بشكل آمل داخل الغيوم في عام 1972، وعمل تقريباً مدة ساعة قبل أن ينغلق بشكل دائم.

إذاً هـذا ما يحدث حين تقترب دقيقتين ضوئيتين من الشمس. أما إذا ابتعدت فإن المشكلة تصبح برداً لا حرارة، كما يشهد المريخ على ذلك بقسوة. كان هو أيضاً مكانـاً أنيسـاً في إحدى المـرات، ولكن لم يستطع الاحتفاظ بجـو قابل للاستخدام وتحول إلى خراب متجمد.

ولكـن البعد بشـكل ملائم عن الشمس لا يمكن أن يكون القصة كلها، وإلا لكان القمـر مليئاً بالغابات وجميـلاً، وهو ليس كذلك على نحـو واضح. فمن أجل ذلك أنت بحاجة إلى:

النـوع الملائـم مـن الكواكب. لا أتصـور أن كثيراً من علمـاء الجيوفيزياء، إذا سئلـوا بأن يحصـوا بركاتهم، سيذكـرون الحياة على كوكـب ذي باطن منصهر، ولكنهـا تقريباً حقيقة مؤكدة بأنه دون تلك الماغما كلها، التي تدوّم تحتنا لن نكون هنـا الآن. وبغض النظر عن أمور كثيرة أخرى، إن باطننا الحيوي أنشأ اندفاعات الغـاز التي ساعـدت في بناء الجو، وقدمت لنـا الحقل المغناطيسـي الذي يحمينا من الإشعاع الكوني. قدم لنا أيضاً الألواح التكتونية، التي تجدد السطح باستمرار وتغضّنه. فلو كانت الأرض منبسطة بشكل تام، لغطيت في كل مكان بالماء إلى عمق 4 كيلومـترات. يمكـن أن يكون هناك حياة في المحيط الموحش، ولكن بالتأكيد لن يكون هناك كرة قدم.

وبالإضافـة إلى الحصول علـى باطن مفيد، لدينا أيضـاً العناصر الملائمة في النسـب الصحيحة. وبالمعنى الأكثر حرفية، إننا مصنوعون من المادة الصحيحة. وهـذا حاسم لسعادتنا وسنناقشه بشكل كامل بعـد قليل، ولكننا نحتاج في البداية إلى التفكير في العاملين المتبقيين، بادئين بواحد غالباً ما يتم إغفاله:

نحـن كوكب توءم. لا يفكـر كثير منا عادة في القمر ككوكب رفيق، ولكنه هكذا بالفعـل. إن معظـم الأقمار صغيرة بالعلاقة مـع الكوكب المَعْلـم. إن قمري المريخ فوبوس وديموس، مثلاً، قطرهما 10 كيلومترات فحسب. إلا أن قمرنا هو أكثر من ربـع قطر الأرض، مما يجعـل كوكبنا هو الوحيد في المنظومة الشمسية الذي يملك قمراً كبيراً بالمقارنة مع نفسه (عدا بلوتو، الذي لا يهم في الحقيقة؛ لأن بلوتو نفسه صغير) وأي فرق يحدثه هذا لنا.

دون تأثـير القمر الثابت، فإن الأرض ستتمايل كقمة محتضرة، ولا أحد يعرف مـا النتائج الكارثية التـي ستترتب على المناخ والطقسـ. إن تأثير القمر الجاذبي الثابـت يجعـل الأرض تدور بالسرعـة المناسبـة والزاوية المناسبة، كـي تقدم نوع التـوازن الضـروري للتطـور الطويـل والناجح للحيـاة. ولكن هذا لـن يستمر إلى الأبـد. إن القمـر ينزلق من قبضتنـا بسرعة 4 سنتمترات في العـام. فبعد بليوني عـام سيتراجع بعيداً بحيث إنّنا لـن نظل ثابتين، وسيكون علينا أن نأتي بحل آخر، ولكـن في غضون ذلك يجب أن نفكر في ذلك أكثر من كونه سمة ظريفة في السماء الليلية.

افترض علمـاء الفلك لوقت طويـل إما أن الأرضـ والقمر تشكّلا معـاً، أو أن الأرضـ أمسكـت بالقمر بينمـا كان يبتعد. ونعتقـد الآن -كما يمكـن أن تتذكروا مـن الفصـل السابق- أنه منذ نحـو 4.4 بلايين عام اصطدم جـرم بحجم المريخ بالأرضـ، مفجّـراً مـا يكفي من المواد لخلـق القمر من حطامـه. كان هذا على ما يبـدو شيئـاً مهماً جداً لنا، وخصوصاً أنه حدث منـذ وقت طويل جداً. لو حدث في 1896 أو الأربعـاء الماضي، لما سرّنا الأمر. مما يأخذنا إلى الموضوع الرابع والأكثر جوهرية بطرق كثيرة.

التوقيـت. إن الكـون مـكان متقلـب وزاخر بالأحـداث الخطـرة ووجودنا فيه أعجوبـة. فلو لم يلعب تعاقـب مركّب طويل وغير قابل للتصـور من الأحداث يعود إلـى 4.6 بلايين سنة بطريقة معينة في أوقـات معيّنة مثلاً، لو أن الديناصورات لم

تنقرض بسبب سقوط النيازك لكنّا أطول سنتمترات عدة، مشعرين وبذيل، ونقرأ هذا الكتاب في وكر.

نحن لا نعرف حقاً؛ لأنه ليس لدينا شيء آخر نستطيع أن نقارن به وجودنا، ولكن يبدو من الواضح أنه إذا كنت ترغب بأن تنتهي كمجتمع متقدم ومفكّر بشكل معتدل، فإنك تحتاج إلى أن تكون في النهاية الصحيحة لسلسلة طويلة من النتائج بما فيه مدد معقولة من الاستقرار موشّاة فقط بالكمية نفسها من التوتر والتحدي (تبدو عصور الجليد مفيدة خاصة في هذا الصدد)، ومعلمة بغياب كلي للجوائح الحقيقية. كما سنرى في الصفحات التي ستبقى لنا، نحن محظوظون جداً بالعثور على أنفسنا في هذا الموقع.

وعن هذه الملاحظة، لنعد الآن بشكل موجز إلى العناصر التي شكّلتنا.

هناك 92 من العناصر التي تحصل بشكل طبيعي على الأرض، بالإضافة إلى عشرين أخرى أو ما يقارب ذلك ابتُكرت في المخابر، ولكننا نستطيع أن نضع جانباً بعض هذه كما يميل علماء الكيمياء إلى أن يفعلوا. ومن المفاجئ أن كثيراً من موادنا الكيميائية الأرضية غير معروف بشكل جيد. إن الأستاتين مثلاً، غير مدروس عملياً. له اسم ومكان على الجدول الدوري (إلى جانب البولونيوم الذي اكتشفته ماري كوري)، ولكن لا شيء آخر. إن المشكلة ليست اللامبالاة العلمية، وإنما ندرته. إذ لا يوجد كثير منه. إن العنصر الأكثر مكراً بين الكل هو الفرانسيوم الذي هو نادر جداً، بحيث يُعتقد أن كوكبنا كله، يمكن أن يحتوي في أي لحظة معطاة، على أقل من عشرين من ذرات الفرانسيوم. إن 30 من العناصر التي تولد بشكل طبيعي هي واسعة الانتشار على الأرض، وهناك ستٌ منها ليس لها أهمية محورية للحياة.

كما يمكن أن تتوقعوا، إن الأوكسجين هو عنصرنا الأكثر وفرة، ولا يشرح إلا أقل من 50% من قشرة الأرض، ولكن وفرته النسبية مدهشة. من سيحزر -على سبيل المثال- أن السليكون هو العنصر الثاني الأكثر شيوعاً على الأرض، وأن التيتانيوم هو العاشر؟ إن الوفرة لا تتعلق كثيراً بمعرفتها أو فائدتها لنا. إن

كثيراً من أكثر العناصر غموضاً هي في الواقع أكثر شيوعاً من تلك المعروفة بشكل أفضل. هناك سيريوم في الأرض أكثر من النحاس، نيوديميوم ولنثانوم أكثر من الكوبالت أو النتروجين. القصدير بالكاد يصبح في الخمسين الأولى، تبذّه عناصر غامضة مثل البراسيوديميوم، والساماريوم والجادولنيوم والدسبروسيوم.

لا علاقة للوفرة بسهولة الرصد. إن الألمنيوم هو العنصر الرابع الأكثر شيوعاً على الأرض، ويفسر تقريباً عشر كل ما هو تحت أقدامكم، ولكنه لم يُعرف إلى أن اكتشفه في القرن التاسع عشر همفري ديفي، وعومل لوقت طويل بعد هذا على أنه نادر وثمين. وقد ثبّت الكونغرس تخطيطاً برّاقاً لحلية من الألمنيوم فوق تذكار واشنطن لإظهار كم صرنا أمة ثرية ومزدهرة، وقامت الأسرة الإمبراطورية الفرنسية في المدة نفسها بنبذ خدمة عشاء الدولة بالآنية الفضية واستبدالها بالألمنيوم. وكانت الموضة حادة أكثر من السكاكين.

لا تشير الوفرة بالضرورة إلى الأهمية. إن الكربون هو العنصر الخامس عشر الأكثر شيوعاً، يفسر نسبة متواضعة جداً من قشرة الأرض هي 0.048%، ولكننا سنهلك من دونه. ما يميّز ذرة الكربون هي أنها مشوشة بوقاحة. إنها الحيوان المشارك للعالم الذري، وتتعلّق بكثير من الذرات الأخرى (بما فيه نفسها) وتتمسك بشدة، مشكّلة خطوطاً طويلة متمعجة جزيئية من القوة المتماسكة كرقصة الكونغا الكوبية، وهذه خدعة الطبيعة الضرورية لبناء البروتين والـ (DNA). وكما قال بول ديفز: «لولا الكربون لكانت الحياة كما نعرفها مستحيلة. إن أي نوع من الحياة على الأرجح سيكون مستحيلاً». مع ذلك ليس الكربون متوافراً جداً حتى فينا نحن الذين نعتمد عليه بشكل حيوي. فبين كل 200 ذرة في أجسامكم، 126 هي هيدروجين، و51 أوكسجين، و19 كربون فقط(*) .

إن العناصر الأخرى حاسمة ليس لخلق الحياة فحسب وإنما لاستمرارها. نحتاج إلى الحديد لصناعة خضاب الدم، ومن دونه سنموت. الكوبالت ضروري

(*) من الأربعة المتبقية، ثلاثة نتروجين، والذرة المتبقية تقسم بين كل العناصر الأخرى.

لتصنيع فيتامين ب 12. البوتاسيوم وقليل جداً من الصوديوم جيدان لأعصابنا. ويساعد المولبيدنوم، والمنغنيز والفنديوم في جعل الأنزيمات تخرخر. أما الزنك الذي يستحق أن تباركوه فيؤكسد الكحول.

تطورنا كي نستفيد من هذه الأشياء أو نسمح بها، لا نستطيع أن نكون هنا بخلاف ذلك ولكن بالرغم من ذلك فإننا نعيش داخل سلاسل ضيقة من القبول. إن السلنيوم حيوي لنا جميعاً، ولكن تناولوا كثيراً منه وسيكون هذا آخر شيء تفعلونه. إن درجة تطلب المتعضيات أو سماحها بعناصر معينة هما ذخيرة تطورها. إن الخراف والماعز ترعى الآن إلى جانب بعضها، ولكنّ لها في الواقع متطلبات معدنية مختلفة جداً. تحتاج الماعز الحديثة إلى كثيرٍ من النحاس؛ لأنها تطورت في أجزاء من إفريقية وأوروبة كان النحاس فيها وافراً. بينما الخراف -من ناحية أخرى- تطورت في مناطق في آسية الوسطى فقيرة بالنحاس. كقاعدة -وهذا ليس مدهشاً- إن سماحنا للعناصر متناسب طرداً مع وفرتها في قشرة الأرض. لقد تطورنا كي نتوقع، وفي بعض الحالات كي نحتاج بالفعل، إلى الكميات القليلة من العناصر النادرة التي تتراكم في اللحوم أو النسيج الذي نأكله. ولكن ارفعوا الجرعات، في بعض الحالات بكمية قليلة جداً فحسب، ويمكن أن تهلكوا حالاً. إن كثيراً من هذا غير مفهوم بشكل كامل. لا أحد يعرف، مثلاً إذا كانت كمية قليلة من الزِّرنيخ ضرورية لخيرنا أم لا. يقول بعض العلماء: نعم؛ ويقول بعضهم الآخر: لا. وكل ما هو مؤكد هو أن كثيراً منه سيقتلكم.

يمكن أن تصبح خصائص العناصر أكثر غرابة حين تختلط. إن الأوكسجين والهيدروجين، مثلاً هما من أكثر العناصر صداقة للاحتراق، ولكن امزجوهما سوية فيصنعان ماء غير قابل للاحتراق(*). والأكثر غرابة في المزج هو الصوديوم؛

(*) الأوكسجين نفسه غير قابل للاحتراق؛ ولكنه يسهّل احتراق أشياء أخرى. فلو كان الأوكسجين قابلاً للاحتراق لاشتعل الجو الذي حولك في كل مرة تشعل فيها عود ثقاب. من ناحية أخرى، إن غاز الهيدروجين، قابل للاحتراق كثيراً -كما بيّنت سفينة هندنبرغ الهوائية الموجّهه في 6 أيار 1937- في ليكهرست، ونيوجرسي، حين انفجر الهيدورجين الذي رفعها وقتل 36 شخصاً.

الأكثر اضطراباً بين العناصر، والكلورين؛ الأكثر سميّة. أسقطوا قطعة من الصوديوم الصرف في الماء العادي وستنفجر بقوة كافية للقتل. إن الكلورين أكثر خطراً كما هو معروف. بالرغم من أنه مفيد في تركيزات صغيرة لقتل المتعضيات المتناهية الصغر (الكلورين هو الذي تشمه في المادة المقصّرة)، إلا أنه مهلك في كميات كبيرة. كان الكلورين عنصر الاختيار لكثير من الغازات السامة في الحرب العالمية الأولى. وكما سيشهد سباحون كثيرون متقرحو الأعين، حتى في شكل واهٍ جداً لا يتقبله الجسم البشري. ولكن إذا جمعتم هاتين المادتين الكريهتين سوية فما الذي ستحصلون عليه؟ كلور الصوديوم: ملح المائدة المألوف.

على العموم، إذا لم يعثر عنصر على طريقه بشكل طبيعي إلى داخل نظامنا إن لم يكن قابلاً للانحلال في الماء مثلاً فإننا لا نتقبله. إن الرصاص يسممنا؛ لأننا لم نتعرض له أبداً إلى أن بدأنا نستخدمه في آنية الطعام وأنابيب السمكرة (وليس من قبيل المصادفة أن رمز الرصاص هو Pb من الكلمة اللاتينية plumbum، مصدر كلمة plumbing الحديثة). كان الرومان ينكّهون خمرتهم بالرصاص أيضاً، وربما هذا جزء من السبب الذي أدى إلى ضعف قوتهم. وكما رأينا في مكان آخر، إن أداءنا الخاص مع الرصاص (دون أن نذكر الزئبق، والكادميوم الملوثات الصناعية جميعها التي نتجرعها بشكل روتيني) لا يترك لنا مجالاً كبيراً لابتسامة متكلفة. حين لا تحصل العناصر بشكل طبيعي على الأرض، فإننا لا نطور قبولاً لها وهكذا تميل إلى أن تكون أكثر سميّة لنا، كما هو الأمر مع البلوتونيوم. إن تقبلنا للبلوتنيوم هو صفر: لا يوجد مستوى منه لن يجعلك ترغب بالاستلقاء.

لقد جعلتكم تسلكون طريقاً طويلاً؛ كي أوضح نقطة بسيطة: إن جزءاً كبيراً من الأرض يبدو بشكل إعجازي مسكناً لنا؛ لأننا تطورنا كي نلائم أوضاعها. ما يثير عجبنا ليس أنها ملائمة للحياة وإنما لأنها ملائمة لحياتنا، وبالكاد يعدّ هذا مفاجئاً. من المحتمل أن كثيراً من الأشياء التي تجعلها رائعة هكذا لنا هي السماء المناسبة، وقمر شديد التعلق بها، وكربون اجتماعي، والمزيد من الماغما المنصهرة

التي لا يمكن الاقتراب منها، وغير ذلك من الأمور الأخرى. ومن الرائع أننا وُلدنا كي نعتمد عليه. لا أحد يستطيع أن يجزم.

إن عوالم أخرى يمكن أن تأوي بشراً ممتنين لبحيراتهم الفضية من الزئبق وسحابات الأمونيا المندفعة. يمكن أن يسرّهم أن كوكبهم لا يهزهم بألواحه الطاحنة أو يبصق عليهم الحمم البركانية، وإنما يوجدون في هدوء دائم غير تكتوني. إن أي زوار للأرض من بعيد سيدهشون بالتأكيد من رؤيتنا نعيش في جو مؤلف من النتروجين، وهو غاز لا يميل إلى التفاعل مع أي شيء، والأوكسجين، الذي هو متحيز للاحتراق بحيث يجب أن نضع محطات إطفاء في كل مدننا لحماية أنفسنا من تأثيره الأقوى. ولكن حتى لو كان زوارنا من ثنائيي الأقدام لديهم أماكن ضخمة للتسوق ومولعون بأفلام الأكشن، من غير المحتمل أن يجدوا الأرض مثالية. لا نستطيع حتى أن نقدم لهم الغداء؛ لأن طعامنا كله يحتوي على آثار المنغنيز والسلنيوم والزنك وجزيئات عنصرية أخرى سيكون بعضها ساماً لهم. يمكن ألاّ تبدو الأرض لهم مكاناً أليفاً ورائعاً.

اعتاد عالم الفيزياء رتشارد فينمان أن يستخدم نكتة عن استنتاجات لاحقة عائداً بتفكيره من الحقائق المعروفة إلى العلل المحتملة. قال: «تعلمون أن الشيء الأكثر دهشة حدث لي الليلة. شاهدت سيارة كُتب على لوحتها إي آر دبليو 357. هل تستطيعون تخيل هذا؟ من بين اللوحات المليون جميعها في الولاية ما هي المصادفة التي جعلتني أشاهد هذه النمرة المحددة اليوم؟ مدهش!» إن ما يرمي إليه بالطبع هو أنه من السهل جعل أي موقف مبتذل يبدو فائقاً للعادة إذا تعاملت معه على أنه مقدّر.

وهكذا من الممكن أن الأحداث والأوضاع التي قادت إلى نشوء الحياة على الأرض ليست تماماً فائقة للعادة كما نميل إلى الاعتقاد. مع ذلك، كانت فائقة للعادة بما يكفي، وهناك شيء واحد مؤكد: ستظل هكذا إلى أن نجد ما هو أفضل.



الفصل السابع عشر

داخل التروبوسفير (الطبقة السفلى من الغلاف الجوي)

نشكر الله على التروبوسفير. إنه يبقينا دافئين. من دونه تتحول الأرض إلى كرة جليدية بلا حياة بدرجة حرارة ناقص خمسين تحت الصفر. بالإضافة إلى ذلك، يمتص الجو أو يحرف حشود الأشعة الكونية الوافدة، والجزيئات المشحونة، والأشعة فوق البنفسجية وما شابه. إن الدثار الغازي للجو يعادل سماكة أربعة أمتار ونصف المتر من الإسمنت الحامي، ومن دونه فإن الزوار غير المرئيين من الفضاء سيمزقوننا إرباً كالخناجر. حتى قطرات المطر ستضربنا بقوة لولا السحب البطيء للجو.

إن ما هو أكثر دهشة في غلافنا الجوي هو أنه لا يوجد كثير منه. يمتد نحو الأعلى نحو 190 كيلومتراً، مما يجعله يبدو سميكاً حين يُنظر إليه من مستوى الأرض، ولكن إذا قلصت الأرض إلى حجم كرة على مكتب سيكون بسماكة طبقتين من الورنيش فحسب.

يُقسم الغلاف الجوي إلى أربع طبقات غير متساوية ولأسباب علمية: التروبوسفير، والستراتوسفير، والميسوسفير والأيونوسفير (الذي يدعى غالباً بالثيرموسفير). إن التروبوسفير هو الجزء الغالي علينا. فهو وحده يحتوي على ما يكفي من الدفء والأوكسجين كي يسمح لنا بالحياة، بالرغم من أنه يصبح بسرعة غير ملائم للحياة فيما تصعد خلاله. من مستوى الأرض إلى نقطته الأعلى، إن التروبوسفير (أو الجو الدائر) هو تقريباً بسماكة 16 كيلومتراً عند خط الاستواء وليس أعلى من 10 أو 11 كيلومتراً في المناطق المعتدلة حيث يعيش معظمنا. إن 80% من كتلة الغلاف الجوي -عملياً كل الماء وكل الطقس- محتوى داخل هذه الطبقة الرقيقة والصغيرة. والواقع أنه لا يوجد كثير بينكم وبين النسيان.

وراء التروبوسفير هناك الستراتوسفير. حين ترون قمة السحابة العاصفية تنبسط وتتخذ شكل السندان الكلاسيكي، فأنتم تنظرون إلى الحد بين التروبوسفير والستراتوسفير. فهذا السقف غير المرئي يُعرف باسم التروبوبوز، وقد اكتشفه في 1902 فرنسي على متن منطاد يدعى ليون فيليب تيسيران دو بور Leon-Philippe Teisserence de Bort. إن بوز pause لا تعني في هذه الحالة التوقف مؤقتاً وإنما بشكل دائم؛ وهي كلمة مشتقة من الجذر اليوناني نفسه مثل menopause. حتى في حد التروبوسفير الأعلى، ليس التروبوبوز بعيداً جداً. إن مصعداً سريعاً من النوع الذي يُستخدم في ناطحات السحاب الحديثة سيوصلك إلى هناك في نحو 20 دقيقة، بالرغم من أنه ستكون نصيحة جيدة ألا تقوم بالرحلة. إن صعوداً سريعاً كهذا دون ضغط سينتج عنه -في أقل تقدير- وذمة دماغية أو رئوية، وهو تراكم غير سوي للسائل المائي في أنسجة الجسم. وحين يفتح الباب عند منصة الرؤية، فإن أي شخص في الداخل سيكون ميتاً بالتأكيد أو سيموت. حتى الصعود المدروس أكثر سيترافق مع انزعاج كبير. إن الحرارة على ارتفاع 10 كيلومترات يمكن أن تكون ناقص 57 وحينها ستحتاج، أو على الأقل ستقدر جداً الأوكسجين الإضافي.

بعد أن تغادر التروبوسفير ترتفع الحرارة مرة ثانية، إلى نحو 4 مئوية، بفضل التأثيرات الامتصاصية للأوزون (وهذا شيء آخر اكتشفه دي بور في صعوده الجسور في 1902). ثم تنخفض إلى 90 تحت الصفر في الميزوسفير قبل أن تصعد بسرعة إلى 1500 درجة مئوية أو أكثر في الثيرموسفير الذي سمي هكذا بشكل ملائم، ولكنه عشوائي جداً بحيث يمكن أن تتنوع درجات الحرارة إلى ما فوق 500 من النهار إلى الليل، بالرغم من أنه يجب أن يقال: إن «الحرارة» في ارتفاع كهذا تظل مفهوماً نظرياً. إن درجة الحرارة هي مقياس لنشاط الجزيئات فحسب. فعلى مستوى البحر، تكون جزيئات الهواء كثيفة، بحيث إنّ جزيئاً واحداً يمكن أن يجتاز فقط أصغر مسافة، جزءاً من ثمانية بالمليون من السنتمتر، كي نكون دقيقين قبل أن يصدم آخر. ولأن ترليونات من الجزيئات تصطدم باستمرار،

فـإن كثيراً من الحرارة يتـم تبادله. ولكن في قمة الثيرموسفـير -على ارتفاع 80 كيلومـتراً أو أكـثر- الجو رقيق بحيـث إنّ أي جزيئين سيكونـان منفصلين لمسافة ميل ونادراً مـا يتصلان. وهكذا بالرغم من أن الجزيئات جميعها هي حارة جداً، فهنـاك بعض التقاطعـات القليلة بينها مما يؤدي إلى نقل محـدود للحرارة. هذه أنبـاء جيدة للأقمار الصناعيـة وسفن الفضاء؛ لأنه لو كان تبـادل الحرارة أكثر فاعلية، فإن أي شيء من صنع الإنسان يدور في ذلك المستوى سينفجر ويشتعل.

وحتـى هكذا، يجب أن تنتبه المركبـات الفضائية في الغلاف الجوي الخارجي، وخصوصـاً لدى رحلـة العودة إلـى الأرض، كما بيَّـن المكوك الفضائـي كولومبيا بشـكل مأسـاوي في شباط 2003. وبالرغم من أن الغـلاف الجوي رقيق جداً، إذا جـاءت مركبة في زاوية منحدرة جداً أكثر من نحو 6 درجات أو بسرعة كبيرة فإنه يمكن أن تصدم ما يكفي من الذرات لتوليد مقاومة ذات طبيعة احتراقية. وبشكل معكوسـ، إذا صدمـت عربة داخلـة الثيرموسفير في زاوية واهنـة، يمكن أن تقفز مرتدة في الفضاء، كفقاعة على وجه الماء.

ولكن لا حاجـة لمغامرة الوصول إلى حافة الغلاف الجوي كي تتذكروا كم نحن كائنـات يائسة متعلقة بالأرض. وكمـا سيعرف أي شخص أمضى الوقت في مدينة مرتفعـة، لا تحتـاج إلى الارتفـاع مئات كثيرة من الأمتار عن سطـح البحر قبل أن يبدأ جسـدك بالاحتجاج. حتى متسلقو الجبال المجربـون، والمستفيدون من كمال الأجسـام والتدريب والأوكسجـين المعلب، يصبحون معرضـين بسرعة في المناطق المرتفعـة للارتباك والغثيان والإنهاك والصقيع والفتور والشقيقة، وفقدان الشهية وكثير من الأمراض المزعجة. يذكـر الجسد الإنساني صاحبه بمئة طريقة مؤكدة بأنه غير مُصمم كي يعمل فوق مستوى سطح البحر كثيراً.

قـال المتسلـق بيـتر هابيلر عـن الأوضاع في قمـة إفرست: «حتـى في الظروف الملائمـة إن كل خطوة في ارتفاع كهذا تقتضي جهـداً ضخماً من الإرادة. يجب أن تجـبر نفسك على القيام بالحركات جميعها وتصل إلى كل مسكة لليد. أنت مهدد

بشكل دائم بإعياء مرهق ومهلك». وفي الجانب الآخر من إفرست ذكر المتسلق والمخرج السينمائي البريطاني مات دكنسون كيف أن هوارد سومرفيل -الذي كان عضواً في بعثة بريطانية في 1924 إلى أفرست- «وجد نفسه يختنق حتى الموت حين فلتت قطعة من اللحم وسدت أنبوب الهواء الخاص به». بجهد كبير نجح سومرفيل في سعل العائق. وتبيّن أنه «البطانة المخاطية الكاملة لحنجرته».

إن الإزعاج الجسدي يبدأ فوق 7500 متر المنطقة التي يسميها المتسلقون منطقة الموت، ولكن كثيراً من الأشخاص يصبحون واهنين جداً، أو مرضى بنحو خطر، على ارتفاعات لا تزيد على 4500 متر أو ما يقارب ذلك. إن القابلية للتأثر لا علاقة لها بكمال الأجسام. إن العجائز يثبون مرحاً في الأماكن المرتفعة بينما سلالتهم الأكثر قوة على المستوى الجسدي تتحول إلى أكوام يائسة تصدر أنيناً إلى أن تنقل إلى ارتفاعات أقل.

إن الحد الأعلى لبقاء الإنسان حياً بشكل مستمر هو 5500 متر، ولكن حتى الناس المتكيفون مع الحياة في مكان مرتفع لا يستطيعون تحمل مرتفعات كهذه طويلاً. قالت فرانسيس آشكروفت في كتابها (حياة في الحدود القصوى): إن هناك مناجم كبريت آندية على عمق 5800 متر ولكن المعدّنين يفضلون الانحدار 460 متراً كل مساء، ويصعدون عائدين في اليوم الثاني، بدلاً من أن يعيشوا باستمرار في ذلك الارتفاع. إن الناس المعتادين على الحياة في مناطق مرتفعة أمضوا غالباً آلاف الأعوام في تطوير صدور ورئات ضخمة، وزادوا من كثافة كريات الدم الحمراء الحاملة للأوكسجين إلى الثلث تقريباً، بالرغم من أن هناك حدوداً للكثافة التي يمكن أن تتحملها الكريات الحمراء التي يزودها الدم وذلك من أجل أن تتدفق بارتياح. فضلاً عن ذلك، على ارتفاع أكثر من 5500 متر لا تستطيع أكثر النساء تكيفاً تزويد جنين نامٍ بما يكفي من الأوكسجين لجعله يكتمل.

وفي ثمانينيات القرن الثامن عشر حين بدأ الناس في أوروبة يجربون الطيران بالمناطيد،كان من بين الأمور التي أدهشتهم البرودة الشديدة في الأعلى. تنخفض

الحـرارة 1.6 درجة مئوية في كل 1000 متر تصعده. يقول المنطق: إنه كلما اقترب المرء إلى مصدر الحرارة، شعر بدفء أكبر. إن ما يفسر البرودة هو أنكم لا تقتربون أبداً من الشمس بأي معنى واضح. تبعد الشمس 93 مليون ميل. إن اقترابكم بضع مئات من الأمتار منها، هو مثل الاقتراب خطوة من حريق غابي في أستراليا، وتوقع شم الدخان وأنتم تقفون في أوهايو. يأخذنا الإجابة مرة أخرى إلى مسألة كثافة الجزيئات في الغلاف الجوي. إن ضوء الشمس يشحن الجزيئات بالطاقة. إنها تزيد من سرعة تهزهزها ووثبها، وفي حالتها المقواة تصطدم ببعضها بعضاً مطلقة الحرارة. حين تشعرون أن الشمس تدفئ ظهوركم في يوم صيفي، فأنتم في الواقع تشعرون بالذرات المثارة. كلما تسلقتم إلى أعلى قل عدد الجزيئات وقلّت الاصطدامات فيما بينها. إن الهواء مادة خادعة. حتى على مستوى البحر نميل إلى التفكير في الهواء على أنه أثيري ولا وزن له. إنه يحتوي على كثير من الكتلة وتلك الكتلة تمارس الضغط. وكما كتب عالم بحار يدعى ويفل تومسون Wyville Thomson منذ أكثر من نصف قرن: «نجد أحياناً حين ننهض في الصباح -وبعد ارتفاع إنش واحد في البارومتر- أن نصف طن تقريباً تجمّع علينا في أثناء الليل، ولكننا لا نعاني من أي شيء، وإنما نشعر بالابتهاج والحماس، بما أن تحريك أجسادنا يحتاج إلى جهد أقل في المادة الأكثر كثافة». والسبب في أنكم لا تشعرون بالانسحاق تحت نصف الطن الزائد ذاك من الضغط هو السبب، نفسه الذي لا يجعل جسمكم ينسحق عميقاً تحت البحر: إنه مصنوع في معظمه من سوائل غير قابلة للضغط، تدفع إلى الخلف، مساوية بين الضغط في الداخل والخارج.

ولكن واجهوا الهواء في أثناء الحركة، كالإعصار أو النسيم المتصلّب، وستتذكرون بسرعة أن له كتلة معتبرة. هناك نحو 5200 مليون طن من الهواء حولنا 25 مليون طن لكل متر مربّع من الكوكب وهذا حجم ليس غير مهم. حين تقوم ملايين الأطنان من الجو بالاندفاع بسرعة 50 أو 60 كيلومتراً في الساعة، فلن يكون مفاجئاً أن تتكسر أغصان الشجر ويتطاير آجر السقوف. وكما قال أنطوني سميث: إن جبهة طقس عادية يمكن أن تتألف من 750 مليون طن من

الهواء البارد المضغوط تحت بليون طن من الهواء الساخن. ونادراً ما يكون عجيباً أن النتيجة هي أحياناً مثيرة على صعيد علم الأرصاد الجوية.

من المؤكد أنه لا يوجد نقص في الطاقة في العالم الذي فوق رؤوسنا. إن عاصفة رعدية واحدة يمكن أن تحتوي على كمية من الطاقة مساوية لاستهلاك الكهرباء مدة أربعة أيام في كل الولايات المتحدة. وفي الأوضاع المناسبة، يمكن أن تصعد السحب العاصفية إلى ارتفاع من 10 إلى 15 كيلومتراً، وتحتوي على تيارات هوائية صاعدة وأخرى هابطة سرعتها أكثر من 150 كيلومتراً في الساعة. وهذه تكون غالباً إلى جانب بعضها، ولهذا السبب لا يريد الطيارون المرور عبرها. فبسبب الاضطراب الداخلي، سرعان ما تلتقط الجزيئات التي داخل السحب شحنات كهربائية. ولأسباب غير مفهومة بشكل كامل، إن الجزيئات الأخف تميل إلى أن تصبح مشحونة إيجابياً وأن ترفعها التيارات الهوائية إلى قمة السحابة. الجزيئات الأثقل تبقى في القاعدة، مراكمة شحنات سلبية. وهذه الجزيئات المشحونة تملك حافزاً قوياً كي تندفع إلى الأرض المشحونة إيجابياً وحظاً سعيداً لكل ما يعترض الطريق. إن الصاعقة تسافر بسرعة 435 ألف كيلومتر في الساعة، ويمكن أن تسخن الهواء الذي حولها إلى 28,000 درجة مئوية، أعلى من سطح الشمس بعدة مرات. وفي أي لحظة، هناك 1800 عاصفة رعدية تتقدم حول الكوكب، نحو 40,000 في اليوم. نهاراً وليلاً عبر الكوكب، في كل ثانية تضرب نحو مئة صاعقة الأرض. إن السماء مكان يمور بالحيوية.

إن كثيراً من معرفتنا لما يجري في الأعلى هو حديث بشكل مدهش. إن التيارات النفثية(*) ، التي هي عادة على ارتفاع من 9000 إلى 10000 متر في الأعلى، يمكن أن تندفع بسرعة 300 كيلومتر في الساعة وتؤثر بسرعة على أنظمة الطقس في كل القارات، مع ذلك فإن وجودها لم يُكتشف إلى أن بدأ الطيارون يطيرون فيها في أثناء الحرب العالمية الثانية. وحتى الآن، إن جزءاً كبيراً من الظواهر الجوية غير

(*) تيار من الرياح ذات السرعة العالية تهب من ناحية الغرب عادة، وتتجاوز سرعته في كثير من الأحيان أربع مئة كيلومتر في الساعة. المترجم.

مفهوم جيداً. هناك نوع من حركة الموجة يُعرف بشكل شائع باسم اضطراب الجو الصافي(*) ينشّط تحليق الطائرات. يحدث نحو 20 حادثة كهذه في العام خطرة بما يكفي بحيث يجب أن يُبلّغ عنها. إنها ليست مرتبطة ببنية الغيوم أو أي شيء آخر يمكن أن يرصد بصرياً أو بالرادار. إنها فقط جيوب من الاضطراب المدهش في وسط السماوات الهادئة. وفي حادثة مشابهة، كان هناك طائرة في طريقها من سنغافورة إلى سدني، وتحلق فوق وسط أستراليا في أوضاع هادئة حين سقطت فجأة 90 متراً، ما يكفي لقذف الأشخاص غير الآمنين إلى السقف. جُرح 12 شخصاً، كانت إصابة أحدهم خطرة. لا أحد يعرف ما الذي يسبب مطبات الهواء هذه.

إن العملية التي تحرك الهواء في الغلاف الجوي هي العملية نفسها التي تقود المحرك الداخلي للكوكب، وأعني الحمل الحراري. فالهواء الرطب الدافئ من المناطق الاستوائية يرتفع إلى أن يضرب حاجز التروبوبوز وينتشر. حين ينتقل بعيداً عن خط الاستواء ويبرد يغوص. حين يضرب القاع يبحث الهواء الغائص عن منطقة ضغط منخفض؛ كي يملأه، ثم يعود إلى خط الاستواء، مكملاً الدورة.

إن عملية الحمل الحراري مستقرة عادة والطقس جيد عند خط الاستواء، ولكن في المناطق المعتدلة النماذج فصلية، ومحلية أو عشوائية مما يؤدي إلى معركة لانهائية بين أنظمة الضغط المرتفع والضغط المنخفض. تنشأ أنظمة الضغط المنخفض عن الهواء المرتفع، الذي ينقل جزيئات الماء إلى السماء، مشكلاً السحب ثم المطر في النهاية. ويمكن أن يحمل الهواء الساخن رطوبة أكثر من الهواء البارد، ولهذا السبب تميل العواصف الاستوائية أو الصيفية إلى أن تكون أثقل. وهكذا تميل المناطق المنخفضة إلى الارتباط بالسحب والمطر، بينما تتميّز المرتفعة عادة بضوء الشمس والطقس الجيد. حين يلتقي نظامان كهذين، يتجلى هذا غالباً في السحب. مثلاً، إن الرهج تلك السحب المنتشرة غير المحبوبة، التي لا سمات لها وتمنحنا سماءنا المكفهرة يحدث حين تفتقر التيارات الصاعدة

(*) اضطراب عنيف مفاجئ يحدث في الأرجاء الخالية من الغيوم فيعّرض الطائرات الشديدة السرعة لتيارات صاعدة وهابطة. المترجم.

الحاملة للرطوبة للقدرة على اقتحام مستوى من الهواء أكثر استقراراً في الأعلى، وبدلاً من ذلك ينتشر كدخان يضرب السقف. وبالفعل، إذا راقبتم مدخِّناً أحياناً، يمكنكم الحصول على فكرة جيدة عن: كيفية عمل الأمور عبر مراقبة كيفية صعود الدخان من سيجارة في غرفة هادئة. في البداية، يصعد مباشرة (هذا يدعى الاندفاق الصّفحي(*) إذا أردتم أن تؤثروا بأي شخص) ثم ينتشر في طبقة موزعة وتموّجية. إن أعظم كمبيوتر عملاق في العالم -يأخذ القياسات في البيئة الأكثر تحكماً- لا يستطيع أن يتنبأ بشكل صحيح أي شكل ستتخذه هذه التموجات، وهكذا تستطيعون تخيّل الصعوبات التي تواجه علماء الأرصاد الجوية حين يحاولون التنبؤ بحركات كهذه في عالم دائر؛ ريحي وكبير.

ما نعرفه هو لأن الحرارة الصادرة عن الشمس موزعة بشكل غير متساوٍ، فإن الاختلافات في ضغط الهواء تنشأ على الكوكب. لا يستطيع الهواء أن يتحمّل هذا، وهكذا يندفع محاولاً أن يوازن الأمور في كل مكان. إن الريح هي ببساطة طريقة الهواء في محاولة جعل الأمور متوازنة. فالهواء يتدفق دوماً من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط المنخفض (تخيلوا أي شيء بهواء مضغوط منطاد أو حجرة هواء أو طيارة بنافذة مفقودة، وسترون كم يلحّ ذلك الهواء المضغوط على الذهاب إلى مكان ما)، وكلما كان الفرق في الضغط أكبر، كلما هبت الريح بسرعة أكبر.

إن الريح تتسارع -كمعظم الأشياء التي تتراكم- وتكبر بقوة أسيّه، وهكذا فإن ريحاً تهبّ بسرعة 300 كيلومتر في الساعة ليست أقوى بعشر مرات من ريح تهب بسرعة 30 كيلومتراً في الساعة فحسب، وإنما أقوى بمئة مرة، ولهذا هي أكثر تدميراً. أدخلوا ملايين الأطنان من الهواء إلى هذا التأثير المسرّع ويمكن أن تتولّد طاقة أكبر. إن إعصاراً استوائياً يمكن أن يطلق في عشرين ساعة طاقة تعادل تلك التي تستهلكها دولة غنية متوسطة الحجم مثل بريطانية أو فرنسة في عام واحد.

اكتشف دافع الغلاف الجوي للبحث عن التوازن في البداية (إدموند هالي) الرجل الذي كان في كل مكان، وأوضحه فيما بعد في القرن الثامن عشر زميله

(*) جريان انسيابي لسائل لزج في خطوط متميزة ومنفصلة. المترجم.

بريتـون جورج هادلي، الـذي رأى أن أعمدة الهواء الصاعـدة والهابطة تميل إلى إنتـاج «وحـدات» (عُرفت باسـم وحدات هـادلي). وبالرغم مـن أن مهنته كانت المحامـاة كان لهادلي اهتمام كبـير بالطقس (كان إنكليزيـاً، في النهاية) واقترح أيضـاً صلـة بين وحداتـه، ودوران الأرض والانحرافات الظاهـرة في الهواء التي تمنحنـا رياحنا التجارية. علـى أي حال، كان هناك أستاذ هندسة في بولي تكنيك إيكـول في باريس يدعـى جوستاف غاسبار دي كوريوليس Gustave – Gaspard de Coriolis، الـذي استخرج تفاصيل هـذه التفاعلات في 1935، وهكذا نسميها تأثـيرات كوريوليـس. (كان تميز كوريوليـس الآخر في الكلية هـو إدخال مبردات الماء، التي لا تزال تعرف باسم كوريوس). إن الأرض تدور بسرعة 1675 كيلومتراً في الساعـة عند خط الاستـواء، بالرغم من أنه فيما تتحـرك نحو القطبين تخف السرعـة بنحو معتبر إلى 900 كيلومتر في الساعة في لندن أو باريس مثلاً. السبب في هذا جلي حين تفكرون فيه. إذا كنتم في خط الاستواء فإن الأرض الدائرة يجب أن تحملكـم مسافة نحو 40,000 كيلومتر كي تعيدكم إلى البقعة نفسها، بينما إذا وقفتم بجانب القطب الشمالي يمكن أن تحتاجوا إلى السفر فقط بضعة أمتار كي تكملـوا دوراناً؛ مـع ذلك، في كلتا الحالتين يستغرق الأمـر 24 ساعة لإعادتكم من حيث بدأتم. لذا، كلما اقتربتم من خط الاستواء زادت سرعة دورانكم.

إن تأثير كوريوليس يشرح لماذا أي شيء يتحرك في الجو في خط مستقيم بجانب دوران الأرض سوف –مفترضين مسافة كافية– يبدو منعطفاً إلى اليمين في نصف الكـرة الشمـالي، وإلى اليسـار في النصف الجنوبـي فيما الأرض تـدور تحته. إن الطريقة العادية لتصور هذا هي أن تتخيلوا أنفسكم في مركز دوّامة خيل، وتقذفوا كـرة إلى شخص يجلس علـى الحافة. في الوقت الذي تصل فيه الكرة إلى المحيط، يكـون الشخـص المستهدف قد تحرك ومرت الكرة خلفه. مـن منظوره، يبدو وكأن الكـرة انحرفـت بعيداً عنه. هذا هو تأثـير (قوة) كوريوليس وهـي ما يمنح أنظمة تنوّعهـا شذوذها ويجعـل الأعاصير تتـدوّر كالقمم. ويشرح تأثـير كوريوليس لماذا يجـب أن تُعدّل مدفعية البحرية إلـى اليسار أو اليمين؛ ذلك أن قذيفة تطلق لمسافة 15 ميلاً يمكن أن تنحرف نحو 100 ياردة، وتسقط في البحر دون أن تؤذي أحداً.

بالرغم من الأهمية السيكولوجية والعملية للطقس للجميع تقريباً، فإن علم الأرصاد الجوية لم يصبح علماً حتى وقت قصير قبل بداية القرن التاسع عشر (بالرغم من أن مصطلح علم الأرصاد الجوية كان موجوداً منذ 1626 وقد نحته تي. جرانجر في كتاب عن المنطق).

كان جزءاً من المشكلة هو أن علم الأرصاد الجوية الناجح يقتضي القياسات الدقيقة لدرجات الحرارة، وبرهنت المقاييس لوقت طويل أنه من الصعب صناعتها. وكانت القراءة الصحيحة تعتمد على إدخال عيار دقيق جداً في أنبوب زجاجي ولم يكن من السهل فعل هذا. كان الشخص الأول الذي حل المشكلة هو (دانييل جابرييل فاهرنهايت)، وهو صانع هولندي للأدوات، أنتج مقياساً دقيقاً لدرجات الحرارة في 1717. على أي حال، لأسباب مجهولة عيّر الأداة بطريقة وضعت التجمد عند 32 درجة والغليان عند 212 درجة. كانت هذه الغرابة العددية مزعجة لبعض الأشخاص من البداية، وفي 1742 قام عالم الفلك السويدي أندريز سلسيوس بصناعة مقياس منافس. وباعتباره برهاناً على فرضية أن المخترعين نادراً ما يقومون بالأشياء بشكل صحيح تماماً، جعل سلسيوس نقطة الغليان هي الصفر والتجمد هي 100 على هذا المقياس، ولكن هذا عُكس في الحال.

إن الشخص الذي يشار إليه دوماً على أنه والد علم الأرصاد الجوية الحديثة كان الصيدلاني الإنكليزي لوك هوارد، الذي برز في بداية القرن التاسع عشر. ويُذكر هوارد بشكل رئيس الآن لمنح أنماط السحب أسماءها في 1803. وبالرغم من أنه كان عضواً فاعلاً ومحترماً في الجمعية اللينييوسية(*) وطبق المبادئ اللينييوسية في خطته الجديدة، اختار هوارد الجمعية الأسكيسيّة Askesian منتدى أعلن فيه خطته الجديدة في التصنيف. (والجمعية الأسكيسيّة -كما تتذكّرون من فصل سابق- هيئة كان أعضاؤها مكرسين بشكل غير عادي لمتع الأكسيد النِّتري، وهكذا نستطيع فقط أن نأمل أنهم سيعاملون تقديم هوارد بانتباه جدي يستحقه. إنها نقطة صمت عنها دارسو هوارد بشكل يثير الفضول).

(*) نسبة إلى عالم النبات السويدي كارولوس لينييوس.

قسم هوارد السحب إلى ثلاث مجموعات: الرهج للسحب ذات الطبقات، والركام لتلك الخفيفة (الكلمة تعني متراكمة في اللاتينية) والطّخاف (يشبه الصوف) لتلك المرتفعة، وهي تشكيلات رقيقة ناعمة تنذر عادة بطقس أبرد. وأضاف إلى هذه مصطلحاً رابعاً هو السحاب الممطر. وكان جمال نسق هوارد هو أن المكونات الأساسية يمكن أن يعاد مزجها بحرية كي تصف الأشكال والأحجام جميعاً للسحابة العابرة القرِد(*)، السّمحاق(**)، الركام المكفهرّ(***)، وهكذا دواليك. كان هذا مفاجئاً، وليس في إنكلترة فقط. ولقد سُحر غوته بهذا النسق بحيث إنّه أهدى أربع قصائد لهوارد.

أُضيف كثير لنسق هوارد مع مرور الزمن إلى حد أنه بالرغم من أن موسوعة أطلس سحب العالم تقرأ قليلاً إلا أنها صارت تتألف من جزأين، ومن المثير أن كل أنماط السحب التي صُنّفت بعد هوارد، كالمماتوس mammatus، والبايلوس pileus، والسديمية، وسبساتوس spissatus، والصوفية floccus، والمعتدلة mediocris، لم يفهمها أي شخص خارج علم الأرصاد الجوية ولم يفهمها كثيرون يعملون فيها كما قيل لي. بالمصادفة، إن الطبعة الأولى الأقل سماكة من الأطلس، التي صدرت في 1896، قسمت الغيوم إلى عشرة أنماط أساسية، التي من بينها كانت الأكثر امتلاء والتي تشبه الوسادة هي رقم 9، الركام المفكهر(****). وهذا مصدر التعبير «أن تكون في السحابة رقم 9».

(*) سحاب مؤلّف من كرات ضخمة داكنة فوق قاعدة أفقية مسطّحة كثيراً ما تحجب السماء كلها وخصوصاً في الشّتاء.

(**) سحاب مرتفع أشبه ما يكون بحجاب أبيض رقيق.

(***) كتلة من السحب ترتفع قممها على صورة جبال، أو أبراج وتطلق وابلاً من مطر أو ثلج. المترجم.

(****) إذا حدث وأدهشك كم هي حواف السحب الركامية ناضرة بشكل جميل ومحددة، بينما سحب أخرى هي ضبابية أكثر، فإن الشرح هو أن هناك حداً معبراً عنه بين الداخل الرطب للركامي والهواء الجاف الذي وراءه. إن أي جزيء ما يضل وراء حافة السحابة يصدمه الهواء الجاف سامحاً للسحابة بالاحتفاظ بحافتها الرائعة. إن كثيراً من سحب الطخاف المرتفعة مؤلفة من الجليد والمنطقة بين الحافة والهواء الذي وراءها غير مرسومة بشكل واضح، ولهذا تكون ضبابية عند الحواف.

وبالمقارنـة مع ثقل وعنف السحابة العاصفية التـي تتشكل أحياناً وذات الرأس الذي يشبـه السندان، فإن السحابة العادية هي شـيء حميد وغير جوهري بشكل مدهش. إن سحباً ركاميـة صيفية زغبية تنتشر مئات عدة من الأمتار إلى جانبها يمكن ألا تحتوي على أكثر من 100 إلى 150 لتراً من الماء «ما يكفي لملء البانيو» ـ كما قال جيمس تريفل. يمكن أن تفهم الصفة غير الرمادية للسحب عبر الطواف في الضباب، الذي ليس أكثر من سحابة تفتقر إلى إرادة الطيران. ولنقتبس فريل مـرة ثانية: «إذا سرت 100 ياردة عبر ضباب عـادي فلن تصادف إلا نصف إنش مكعب مـن الماء، غير كافٍ كي يقدم لك شربة مشبعة». لذا ليست السحب مخزناً كبيراً للمياه. إن نحو 0.035 فقط من مياه الأرض العذبة يعوم فوقنا في أي لحظة.

إن التكهّنـات عـن جزيء الماء تتنـوع بشكل واسع بحسب مـكان سقوطه. فإذا سقط على أرض خصبة فستتشربه النباتات أو يتبخر من جديد في غضون ساعات أو أيـام. إذا عـثر على طريقه إلى المياه الجوفية يمكـن ألا يرى ضوء الشمس مرة أخـرى لسنـوات؛ بل لآلاف السنـوات إذا تغلغل عميقاً. وحين تنظـرون إلى بحيرة فأنتـم تنظرون إلـى مجموعة من الجزيئـات كانت هناك لمدة عقـد. وفي المحيط يعتقـد أن مدة الإقامة مئة عام. إن 60% مـن جزيئات الماء في أثناء سقوط المطر تتم إعادتها إلى الغلاف الجوي في يوم أو اثنين. فحالما تتبخر، لا تمضي إلا أسبوعاً أو ما يقارب ذلك يقول دروري: إنها تمضي 12 يوماً في السماء قبل أن تسقط مرة أخرى مطراً.

إن التبخر عملية سريعة، كما يمكن أن تقدّر من مصير بركة في يوم صيفي. إن شيئـاً كبيراً كالبحر الأبيض المتوسط سيجـف في ألف سنة إذا لم يُزوّد باستمرار. حصل حدث كهذا منذ أقل من ستة ملايين عام بقليل؛ وأثار ما يعرفه العلم باسم أزمـة الملوحة المسينيـة Messinian Salinity Crisis. ما حدث هو أن الانجراف القـاري أغلـق مضيق جبل طـارق. وفيمـا كان المتوسط يجف سقطـت محتوياته المتبخـرة مطراً من المياه العذبة في بحار أخرى، مخففاً قليلاً من ملوحتها وجعلها

في الواقع قليلة العمق بما يكفي كي تتجمد فوق مناطق ضخمة أكثر من المعتاد. أنعشت حرارة الشمس المنطقة الموسّعة من الجليد ودفعت الأرض إلى عصر جليدي.

ما هو صحيح بنحو مؤكد -بقدر ما نستطيع القول- هو أن تغيّراً قليلاً في حركية (دينامية) الأرض يمكن أن يؤدي إلى عواقب لا نستطيع تخيّلها. إن حدثاً كهذا -كما سنرى فيما بعد- يمكن أن يكون قد خلقنا.

إن محطة توليد الطاقة الحقيقية في سلوك سطح الأرض هي المحيطات. والواقع أن علماء الأرصاد الجوية يعاملون المحيط والغلاف الجوي كنظام واحد بشكل متزايد، ولهذا يجب أن نمنحهم قليلاً من انتباهنا هنا. إن الماء مدهش في الاحتفاظ بالحرارة ونقلها، وبكميات كبيرة لا يمكن تخيلها. كل يوم يحمل تيار الخليج(*) كمية من الحرارة إلى أوروبة تعادل منتج العالم من الفحم الحجري لعشر سنوات، ولهذا السبب بريطانية وأيرلندة فيهما شتاء معتدل بالمقارنة مع كندة وروسية. ولكن الماء يسخن ببطء أيضاً، لهذا السبب إن البحيرات والمسابح باردة حتى في الأيام الحارة. وهذا سبب التأخر في البداية الرسمية الفلكية لفصل والشعور الفعلي بأن الفصل قد بدأ. وهكذا فإن الربيع يمكن أن يبدأ رسمياً في نصف الكرة الشمالي في آذار، ولكن الناس لا يشعرون بالأمر في معظم الأمكنة حتى شهر نيسان.

إن المحيطات ليست كتلة واحدة موحدة من الماء. فالفروق بينها في درجة الحرارة والملوحة والعمق والكثافة، وغير ذلك لها تأثير كبير في كيفية نقلها للحرارة، التي بدورها تؤثر في المناخ. إن المحيط الأطلسي -على سبيل المثال- أكثر ملوحة من المحيط الهادئ، وهذا شيء جيد أيضاً. فكلما كانت المياه أكثر

(*) تيار أوقيانوسي دافئ من المحيط الأطلسي الشمالي. ينطلق من خليج المكسيك ويجري شرقاً عبر مضيق فلوريدة ثم شمالاً بشرق على الساحل الجنوبي الشرقي من الولايات المتحدة الأميركية ومن هناك إلى الجزر البريطانية. ولهذا التيار أثر مباشر في تلطيف مناخ أوروبة. المترجم.

ملوحة كانت أكثر كثافة، والمياه الكثيفة تغوص. فدون حملها الزائد من الملح، فإن تيارات المحيط الأطلسي سوف تندفع إلى المحيط المتجمد الشمالي وتدفئ القطب الشمالي، ولكنها ستجرد أوروبة من كل دفئها. إن العامل الأساسي لنقل الحرارة على الأرض هو ما يُعرف باسم دورة الحرارة، التي تنشأ في تيارات بطيئة وعميقة تحت السطح بكثير، وهذه عملية اكتشفها في البداية العالم المغامر الكونت فون رمفورد في 1797 (*) . ما يحدث هو أن مياه السطح - فيما تصل إلى جوار أوروبة - تصبح كثيفة وتغوص إلى أعماق كبيرة وتبدأ عودة بطيئة إلى الخلف إلى نصف الكرة الجنوبي. وحين تصل إلى أناركتيكة، تعلق في التيار الأناركتيكي الحوقطبي (واقع حول أحد قطبي الأرض أو السماء). إن العملية بطيئة جداً. يمكن أن يستغرق الأمر بالنسبة للمياه 1500 سنة كي تنتقل من شمال الأطلسي إلى وسط الهادي، ولكن كميات الماء والحرارة التي تنقلها كبيرة جداً والتأثير في المناخ ضخم جداً.

(أما بالنسبة لمسألة كيف يمكن لأي شخص أن يحزر كم تستغرق قطرة مطر كي تصل من محيط إلى آخر، فإن الإجابة هي أن العلماء يستطيعون أن يقيسوا مركّبات في المياه مثل كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons ويستنتجوا كم مرَّ من الوقت منذ أن كانت آخر مرة في الجو. وعبر مقارنة الكثير من القياسات من أعماق وأماكن مختلفة يستطيعون أن يرسموا خريطة حركة الماء بشكل معقول).

إن دورة الحرارة لا تنقل الحرارة فحسب، وإنما تساعد أيضاً على إثارة المواد المغذية حين تصعد التيارات وتهبط، جاعلة مساحات كبيرة من المحيط قابلة للسكن بالنسبة للأسماك والكائنات البحرية الأخرى. ولسوء الحظ، يبدو كأن

(*) إن المصطلح يعني عدداً من الأشياء لبشر مختلفين، على ما يبدو. ففي تشرين الأول 2002، قال كارل ونش من إم آي تي في تقرير نُشر في مجلة ساينس: «ما هي دورة الحرارة؟» قال في هذا التقرير: إن التعبير استُخدِم في مجلات بارزة كي يشير إلى سبع ظواهر مختلفة على الأقل (الدوران على مستوى الغور، الدوران الذي تدفعه اختلافات في الكثافة أو الحماس، «دوران الانقلاب الجنوبي للكتلة»، وإلى ما هنالك. بالرغم من أنها كلها تتعلق بدورانات المحيط ونقل الحرارة، والمعنى الغامض بحذر والمعبر الذي استخدمته هنا.

الدوران يمكن أن يكون حساساً جداً للتغير. فبحسب عمليات المحاكاة التي تقوم بها الكمبيوترات، حتى انخفاض عادي في المحتوى الملحي للمحيط بسبب الذوبان المتزايد لطبقة جليد غرينلندة يمكن أن يقاطع الدورة بشكل كارثي.

تقوم البحار بأعمال معروف كبيرة لنا. فهي تمتص كميات كبيرة من الكربون وتقدم وسيلة لحبسه بأمان. إن إحدى غرائب مجموعتنا الشمسية هي أن الشمس تشع الآن بنسبة أعلى بـ 25% مما كانت تفعله حين كانت المجموعة الشمسية فتية. كان يجب أن يؤدي هذا إلى أرض أكثر سخونة. وبالفعل، وكما عبر عن الأمر عالم الجيولوجيا الإنكليزي أوبريماننغ: «إن هذا التغيّر الضخم كان يجب أن يحدث تأثيراً كارثياً على الأرض، ولكن مع ذلك يبدو كأن عالمنا بالكاد قد تأثر».

وهكذا ما الذي يُبقي الكوكب مستقراً وبارداً؟ إن الحياة تفعل هذا. إن ترليونات فوق ترليونات من المتعضيات البحرية الصغيرة لم يسمع بها أبداً معظمنا المنخريات والكوكوليث coccoliths، والطحالب الكلسية تلتقط كربون الغلاف الجوي - في شكل ثاني أكسيد الكربون - حين يسقط مطراً وتستخدمه (في مزيج مع أشياء أخرى) كي تصنع أصدافها الصغيرة. فعن طريق حبس الكربون في أصدافها، تمنعه من التبخر من جديد إلى الغلاف الجوي حيث سيتجمع بشكل خطر كغاز المخضرة. وفي النهاية إن المنخريات والكوكوليث جميعاً وغيرها تموت وتسقط إلى قاع البحر، حيث تضغط في حجر جيري. ومن اللافت، أن هناك سمة خارقة للطبيعة هي الجروف البيضاء في دوفر في إنكلترة، وهي مصنوعة بشكل كامل من متعضيات بحرية صغيرة منقرضة، ولكن الأكثر لفتاً للنظر هو حين تدركون كم تعزل من الكربون بشكل تراكمي. إن مكعباً من ستة إنشات من حوّار دوفر يحتوي على أكثر من ألف لتر من ثاني أكسيد الكربون المضغوط الذي كان بخلاف ذلك سيؤذينا. هناك أكثر بنحو عشرين ألف مرة من هذا القدر من الكربون المحبوس في صخور الأرض كما في الغلاف الجوي. وفي النهاية إن كثيراً من هذا الحجر الكلسي سينتهي إلى تغذية البراكين وسيعود الكربون إلى الجو،

ويسقط على الأرض في المطر، وهذا ما يُدعى دورة الكربون طويلة الأمد. تستغرق العملية وقتاً طويلاً نحو نصف مليون سنة لذرة كربون عادية ولكن في غياب أي إزعاج آخر تسهم جيداً في جعل المناخ مستقراً.

ولسوء الحظ، إن للكائنات البشرية ميلاً طائشاً لإزعاج هذه الدورة من خلال وضع كثير من الكربون الإضافي في الجو، سواء أكانت المنخريات مستعدة له أم لا. ومنذ 1850 -كما قُدّر- رفعنا نحو 100 مليون طن من الكربون الإضافي في الجو، وهذه محصلة تزداد 7 ملايين طن سنوياً. بالمجمل، ليس هذا دقيقاً. إن الطبيعة وفي معظم الأحيان عبر ثوران البراكين وتآكل النباتات ترسل نحو 200 بليون طن من ثاني أكسيد الكربون إلى الجو كل عام، تقريباً أكثر بثلاثين مرة مما نفعله عن طريق السيارات والمعامل. وعليكم فقط أن تنظروا إلى الضباب العالق فوق مدننا أو الجراند جانيون أو حتى أحياناً الجروف البيضاء لدوفر، كي تروا أي فرق يحدثه إسهامنا.

نعرف من عينات الجليد القديمة جداً أن «المستوى الطبيعي لثاني أكسيد الكربون في الجو أي قبل أن نبدأ بتضخيمه عبر النشاط الصناعي هو نحو 280 جزءاً في المليون. وفي 1958 -حين بدأ الناس في المختبرات ينتبهون إليه- كان قد ارتفع إلى 315 جزءاً في المليون. واليوم هو أكثر من 360 جزءاً في المليون ويرتفع تقريباً ربع 1% كل عام. وفي نهاية القرن العشرين سيرتفع كما تنبأ العلماء إلى نحو 560 جزءاً في المليون.

نجحت محيطات وغابات الأرض (التي تمتص أيضاً كثيراً من الكربون) في إنقاذنا من أنفسنا، ولكن وكما قال بيتر كوكس من مكتب الأرصاد الجوية البريطاني: «هناك عتبة حرجة حيث يتوقف الغلاف الأحيائي(*) عن حمايتنا من تأثيرات ما يصدر عنا من انبعاثات ويبدأ بالفعل بزيادتها». والخشية هي أنه سيكون هناك زيادة سريعة جداً في سخونة الأرض. سيهلك كثير من الأشجار

(*) ذلك الجزء من العالم الذي يمكن للحياة أن توجد فيه. المترجم.

والنباتات بسبب عدم قدرتها على التكيّف، مطلقة مخازنها من الكربون مما سيعقّد المشكلة. حدثت دورات كهذه أحياناً في الماضي البعيد حتى دون تدخل بشري. والأنباء الطيبة هي أنه حتى في هذا الأمر، الطبيعة رائعة جداً. ومن المؤكد تقريباً أن دورة الكربون في النهاية ستعيد تأكيد نفسها وستعود الأرض إلى موقف استقرار وسعادة. وفي آخر مرة حدث فيها هذا استغرق الأمر ستين ألف عام.



الفصل الثامن عشر

البحر المتّسع

تخيّلوا أنكم تعيشون في عالم يهيمن عليه حمض مهدرج، وهو مركّب لا طعم له ولا رائحة، ومتنوّع في خصائصه، بحيث يُعد حميداً ولكنه أحياناً يُهلك بسرعة. وبحسب حالته، فإنه يستطيع أن يحرقكم أو يجمّدكم. يمكن أن يشكّل مع جزيئات عضوية معيّنة أحماضاً كربونية كريهة قادرة على تعرية الأشجار من أوراقها، وجعل أوجه التماثيل تتآكل. وحين يكون بمقادير كبيرة ويُثار فإنه يضرب بعنف يعجز عن مقاومته أي صرح بشري. وهو مادة قاتلة في غالب الأحيان حتى بالنسبة للذين تعلموا العيش معه. إنه ما نسمّيه الماء.

إن الماء في كل مكان. تتألف حبة البطاطا من 80% من الماء، وتتألف البقرة من 74%، والبكتيريا من 75%، وحبة الطماطم من 95%. حتى البشر يتألفون من 65% من الماء، مما يجعلنا في حالة سائلة أكثر مما نحن في حالة صلبة بهامش اثنين إلى واحد تقريباً. إن الماء مادة غريبة. فهو بلا شكل وشفاف، ومع ذلك نتوق إلى أن نكون قربه. ليس له طعم ومع ذلك نحب طعمه. نقطع مسافات شاسعة وندفع ثروات صغيرة؛ كي نراه في ضوء الشمس. وبالرغم من أننا نعرف أنه خطر ويُغرق عشرات الآلاف من الناس كل عام، نتلهّف كي نلهو فيه.

ولأن الماء كليّ الحضور فإننا نميل إلى إغفال المادة الفائقة للعادة الموجودة فيه. وتقريباً لا شيء فيه يمكن أن يُستخدم للقيام بنبوءات موثوقة عن مواصفات سوائل أخرى، والعكس صحيح. إذا كنت لا تعرف أي شيء عن الماء وبنيت فرضياتك على سلوك المركّبات التي هي أقرب إليه كيميائياً مثل سلينيد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين فستتوقع غليانه في الدرجة 93 تحت الصفر، وأن يكون غازاً في درجة حرارة الغرفة.

إن معظم السوائل حين تُبرّد تتقلص نحو 10%. يفعل الماء ذلك أيضاً، ولكن إلى نقطة معينة فحسب. حالما يكون على شفا التجمد، يبدأ بعناد، وخداع، وبشكل غير متوقع إلى أبعد حد بالتمدد. وفي الوقت الذي يصبح فيه صلباً، يصبح أكبر مما كان عليه بعشر مرات. ولأنه يتمدد، فإن الجليد يعوم في الماء «وهذه سمة في غاية الغرابة»، كما قال جون جريبين. إذا افتقر إلى هذا التقلّب الرائع، فإن الجليد يمكن أن يغوص، وتتجمد البحيرات والمحيطات من القاع نحو الأعلى. ودون جليد السطح -لحبس الحرارة في الداخل- فإن دفء الماء سيتلاشى لوقت طويل جداً ويصبح أكثر برودة مراكماً المزيد من الجليد. مما يؤدي إلى تجمد المحيطات وبقائها هكذا لوقت طويل جداً؛ وعلى الأرجح إلى الأبد خالقاً وضعاً لا يكفي لنشوء الحياة. وبفضلنا نحن، يبدو الماء غير واعٍ لقواعد الكيمياء وقوانين الفيزياء.

يعرف الجميع أن صيغة الماء الكيميائية هي H_2O، وهذا يعني أنه يتألف من ذرة أوكسجين ضخمة وذرتي هيدروجين أصغر مرتبطتين بها. إن ذرتي الهيدروجين تتمسكان بشدّة بمضيفتهما ذرة الأوكسجين، ولكنهما أيضاً ترتبطان أحياناً مع جزيئات ماء أخرى. إن طبيعة جزيء ما تعني أنه ينخرط في نوع من الرقص مع جزيئات ماء أخرى، تتزاوج الجزيئات مدة قصيرة ثم تتحرك، مثل الشركاء الذين يتبدلون دوماً في رقصة الكدريل الرباعية، هذا إذا استخدمنا عبارة روبرت كونزيغ الجميلة. إن كأساً من الماء يمكن ألا يبدو حيوياً بشكل كبير، ولكن كل جزيء فيه يغيّر شركاءه بلايين المرات في ثانية. لهذا السبب تلتصق ذرات الماء ببعضها؛ كي تشكل أجساماً كالبرك والبحيرات، ولكن ليس بشكل محكم جداً بحيث يمكن أن تنفصل كما حين -مثلاً- تغوص في بركة منها. في أي لحظة لا يلمس إلا 15% منها.

إن العقد قوي جداً بمعنى ما، لهذا السبب تستطيع ذرات الماء أن تتدفق نحو الأعلى حين تستخدم الأنابيب، ولهذا السبب تبدو قطرات الماء على غطاء سيارة

مصممـة كـي تتساقط مع شركائها. ولهـذا الماء متوتر علـى السطح. فالجزيئات التـي على السطح منجذبة بقـوة أكبر إلى الجزيئات الشبيهة في الأسفل، التي إلى جانبهـا أكثر مما هي منجذبة إلى جزيئات الهواء في الأعلى. وهذا يخلق نوعاً من الغشاء القوي بمـا يكفي لدعم الحشرات وتخطي الأحجار. إنه ما يلسع البطن في أثناء ارتماءة البطن(*) .

لا حاجة للقول: إننا سنضيع دونه. حين يُجرَّد الجسم البشري من الماء سرعان مـا يتداعى. ففي أثناء أيـام تتلاشى الشفتان «كأنهما قُطعتا، وتسودُّ اللثة، ويذوي الأنـف إلى النصـف، ويتقلّص الجلد حول العينين كـي يمنعهما من الحركة»، كما تقول إحدى الروايات. إن الماء حيوي جداً لنا بحيث من السهل أن نغفل أن كل المياه الأخـرى -عدا هذا الجـزء الأصغر من الماء- سامة بشكل مميـت بسبب الأملاح التي فيها.

نحتاج إلى الملح؛ كي نحيا إلى كميات صغيرة جداً منه، ولكنّ مياه البحر تحتوي علـى كثير من الأمـلاح، أكثر بسبعين مرة مـن الملح الذي نستطيـع أن نحوّله إلى طاقـة. إن لـتراً عادياً من ماء البحـر لا يحتوي إلا على 2.5 ملعقـة شاي من الملح الشائـع من النوع الذي نرشـه على الطعام، ولكنه يحتوي أيضـاً على كميات أكبر مـن عناصـر ومركبات ومواد صلبة أخـرى منحلة، يُطلق عليها اسـم الأملاح. إن نسـب هذه الأملاح والمواد المعدنيـة في أنسجتنا مشابهة بشكل غريب لتلك التي في مياه البحر؛ نحـن نتعرق ونبكي مياه بحر، كما عبّر مارجوليس وساغان عن الأمر ولكن الغريب في الأمر هو أننا لا نستطيع أن نتقبله بوصفه غذاء. إذا تناولتم كثيراً مـن الملح فستعانـون من أزمة في الاستقـلاب. من كل خلية، تندفـع جزيئات الماء مثـل كثير من رجـال الإطفاء المتطوعين وتحاول أن تنقصـ، أو تحمل الملح الزائد المفاجـئ. هذا يترك الخلايـا بحاجة إلى الماء بشكل خطر وهـي بحاجة إليه؛ كي تقوم بوظائفها العادية. إنها تصبح -باختصار- فاقدة للماء. وفي مواقف خطرة،

(*) غطس أو غوص يتحمل فيهما البطن وطأة السقوط على الماء.

ستقـود الزموهة (إزالة الماء) إلى نوبات مرض مفاجئة، كفقدان الوعي والعطب الدماغـي. في غضـون ذلك تنقل كريات الـدم المجهدة الملح إلـى الكليتين، اللتين تُغمران وتُعطّـلان في النهاية. ودون كليتين عاملتين تموتون. لهذا السبب لا نشرب مياه البحر.

هنـاك 1.3 بليون كيلومـتر مكعب من الماء على الأرض، وهذا كل ما سنتمكن من الحصول عليه. إن النظام مغلق: وإذا ما تحدثنا عملياً، فلا شيء يمكن أن يضاف أو ينقص. إن المياه التي تشربها كانت موجودة وتقوم بعملها منذ أن كانت الأرض فتية. فمنذ 3.8 بلايين سنة قامت المحيطات بإنجاز أحجامها الحالية (قليلاً أو كثيراً).

يُعـرف حقل الماء باسـم الهيدروسفير (غـلاف الأرض المائـي) وهو محيطي بشكل كبير. إن 97% من كمية الماء على الأرض هي في البحار، والجزء الأكبر منه هـو في المحيط الهـادئ، الذي هو أكبر من كل كتل الأرض مجموعة سوية. ويحتوي الهـادئ على أكثر بقليـل من نصف كل ميـاه المحيطـات (51.6%)؛ أما الأطلسي فيحتوي علـى 23.6% والهندي على 21.2%، تاركين فقط 3.6% للبحار الأخرى. إن العمق العادي للمحيط هو 3.86 كيلومترات، أما الهادئ فهو أعمق من الأطلسي والهنـدي بـ 300 متر. إن 60% من سطح الكوكب هو محيـط يبلغ عمقه أكثر من 1.6 كيلومتر. وكما يقول فيليب بول: من الأفضل أن ندعو كوكبنا ماءً لا أرضاً.

إن 3% مـن مياه الأرض العذبة معظمه طبقات جليدية. وتوجد الكمية الأصغر 0.036% في البحـيرات، والأنهـار والخزّانـات، وهناك جزء أصغـر 0.001 فقط يوجـد في الغيوم أو بخاراً. إن 90% من جليـد الكوكب هو في أناركتيكة ومعظم ما تبقـى في غرينلندة. اذهبوا إلى القطب الجنوبي وستقفون على ميلين من الجليد، أمـا في القطب الشمالي فلا يوجد إلا 15 قدمـاً منه. في أناركتيكة يوجد 6 ملايين ميل مكعب من الجليد فقط، ما يكفي لرفع المحيطات 200 قدم إذا ذاب كله. ولكن لو سقط كل المطر الذي في الغلاف الجوي -بشكل متساوٍ في كل مكان- فلن يزداد عمق المحيطات إلا 2 سنتمتر.

إن مستوى البحر -بالمناسبة- هو تقريباً مفهوم نظري بالكامل. فالبحار غير مستوية على الإطلاق. فالمد والرياح وقوة كريوليس وتأثيرات أخرى تبدل مستوى الماء بشكل معتبر من محيط إلى آخر وحتى داخل المحيطات. إن المحيط الهادئ أعلى بقدم ونصف على طول حافته الغربية بسبب القوة النابذة التي يسببها دوران الأرض. حين تدفع حوض ماء فإن الماء يميل إلى التدفق نحو الطرف الآخر، وكأنه متردد في المجيء معك، وهكذا فإن دوران الأرض نحو الشرق يجمع المياه على الهوامش الغربية للمحيط.

وإذا ما فكّرنا في أهمية البحار الموغلة في القدم بالنسبة لنا، فسيدهشنا كم استغرق العالم من الوقت كي يهتم علمياً بها. فحتى القرن التاسع عشر معظم ما كان معروفاً عن المحيطات كان يستند إلى ما يصل إلى الشاطئ أو يخرج بشباك الصيد، وكان كل ما كُتب تقريباً مستنداً إلى الحكايات والفرضيات أكثر مما هو الأمر إلى الدليل المادي. وفي ثلاثينيات القرن التاسع عشر مسح العالِم الطبيعي البريطاني إدوارد فوربس قاع المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط، وأعلن أنه لا توجد حياة في البحر مطلقاً تحت 600 متر. بدا هذا افتراضاً معقولاً. لم يكن هناك ضوء في ذلك العمق، وهكذا لا توجد حياة نباتية، ومن المعروف أن ضغط المياه في أعماق كهذه قوي جداً. وهكذا كان الأمر مفاجأة حين رُفع في 1860 كبل للتلغراف للتصليح من عمق أكثر من 3 كيلومتر، واكتشف أنه مغلف بطبقة سميكة من المرجان والبطلينوس ونثار حي آخر.

لم يحدث الاستقصاء الأول المنظم للبحار حتى عام 1872 حين أرسل المتحف البريطاني والجمعية الملكية والحكومة البريطانية بعثة مشتركة انطلقت من بورتسماوث في سفينة حربية سابقة تدعى إتش إم إس تشالنجر. أبحروا مدة ثلاث سنوات ونصف حول العالم، آخذين عينات من المياه، ومصطادين الأسماك بالشباك وراقعين طبقةً من الرسابة. كان عملاً كئيباً على ما يبدو. فمن بين 240 من العلماء ومن أفراد الطاقم، قفز واحد من كل أربعة من السفينة ومات ثمانية

أو جنّوا «بعد أن دفعهم إلى الذهول الروتين المخدر للعقل وسنوات الاستخراج» كما قالت المؤرخة سمانثا واينبرغ. ولكنهم اجتازوا 70,000 ميل بحري، وجمعوا أكثر من 4700 نوع جديد من المتعضيات البحرية، وما يكفي من المعلومات لتأليف تقرير من 50 مجلداً (استغرق 19 سنة كي يجمع)، وقدموا للعالم اسم منهج علمي جديد: الأوقيانوغرافيا(*). واكتشفوا أيضاً -عن طريق قياس الأعماق- أن هناك جبالاً مغمورة بالمياه في منتصف الأطلسي، مما حث بعض الراصدين المثارين إلى التفكير بأنهم عثروا على قارة أطلنطيس المفقودة.

ولأن العالم المؤسساتي أهمل البحار في معظم الأحيان، وقع الأمر على عاتق هواة مخلصين، وبالمصادفة كي يقولوا لنا ما الذي هناك في الأسفل. وبدأ الاستقصاء الحديث للمياه العميقة مع تشارلز وليم بيبي وأوتيس بارتون في 1930. وبالرغم من أنهما كانا شريكين متكافئين، فإن بيبي الأكثر تلوناً تلقى الثناء والانتباه أكثر. ولد بيبي في 1877 لأسرة موسرة في نيويورك سيتي، ودرس علم الحيوان في جامعة كولومبيا. وحين تعب من هذا، قرر أن يعيش حياة مغامر وسافر في الربع الآتي من القرن بشكل واسع عبر آسية وأمريكة الجنوبية، مع مجموعة من المعاونات الإناث الجذابات اللواتي وُصف عملهن بشكل مزيّف بأنهن «مؤرخات أو تقنيات» أو «مساعدات في مشكلات الأسماك». وقد دعم المساعي بسلسلة من الكتب الشعبية بعناوين مثل حافة الغابة وأيام الغابة، بالرغم من أنه ألّف أيضاً بعض الكتب المحترمة عن الحياة البرية وعلم الطيور.

في منتصف العشرينيات، وفي رحلة إلى جزر الغلاباغوس اكتشف «متع التأرجح»، كما وصف الغوص في أعماق البحر. وبعد ذلك حالاً شكل فريقاً مع بارتون الذي جاء من أسرة أكثر ثراء، ودرس أيضاً في كولومبيا وتاق إلى المغامرة. وبالرغم من أن بيبي كان يحصل على الثناء دوماً، كان بارتون في الواقع هو الذي

(*) علم يُعنى بدراسة المحيطات أو الأوقيانوسات من حيث اتساعها، وعمقها، وطبيعة مياهها، وما تشتمل عليه من ثروة حيوانية وغير حيوانية، وطريقة استغلال هذه الثروة. المترجم.

صمم كرة الأعماق ودفع 12,000 دولار لقاء صناعتها. كانت غرفة صغيرة وقوية مصنوعة من الحديد المسبوك وتبلغ سماكتها 1.5 إنش، وفيها كوّتان تحتويان على قطع كوارتز بسماكة 3 إنشات. كانت تتسع لرجلين، ولكن إذا كانا مستعدين كي يصبحا مطلعين جداً. حتى بمعايير العصر، كانت التكنولوجيا غير معقدة. لم يكن هناك قدرة على المناورة. كانت تُعلّق ببساطة بطرف كبل طويل وتحتوي على أكثر أنظمة التنفس بدائية: وكي يحيّدا غاز ثاني أكسيد الكربون ركّبا علباً مفتوحة من كلس الصودا، ومن أجل امتصاص الرطوبة فتحا حوضاً صغيراً من كلوريد الكالسيوم،كان يلوّحان فوقه أحياناً بسعف نخل؛ كي يشجّعا على التفاعل الكيميائي.

قامت كرة الأعماق التي بلا اسم بالعمل الموكل إليها. ففي الغطسة الأولى -في حزيران 1930، في الباهاماس- حطم بارتون وبيبي رقماً قياسياً عالمياً في الغوص إلى عمق 183 متراً. وفي 1934، رفعا الرقم القياسي إلى 900 متر، الذي سيبقى هكذا حتى بعد نهاية الحرب العالمية الثانية. كان بارتون واثقاً من أن الأداة آمنة على عمق 1400 متر، بالرغم من أن التوتر في كل مسمار ملولب وبرشام كان مسموعاً في كل عمق يهبطان إليه. كان هذا عملاً جسوراً وينطوي على مجازفة. وعلى عمق 900 متر كانت كوتهما الصغيرة تخضع لـ 19 طناً من الضغط في كل إنش مربع. فلو أنهما تجاوزا الحدود التي تسمح بها الآلة، لكان الموت فورياً في عمق كهذا، كما قال بيبي في كتبه الكثيرة ومقالاته ومواده المذاعة. كانا يخشيان بشكل خاص من أن ينقطع الحامل (الونش) الذي على ظهر السفينة الذي تربط به الكرة المعدنية وطنّان من الكبل المستقر، ويغرقهما في قاع البحر. في حالة كهذه، لا شيء يمكن أن ينقذهما.

كان الشيء الوحيد الذي لم تنتجه عمليات الغوص التي قاما بها هو كمية من العلم الجدي. فبالرغم من أنهما شاهدا كثيراً من المخلوقات التي لم تُر من قبل، فإن حدود الرؤية وحقيقة أنه لا أحد من رائدي المياه المغامرين كان عالم أوقيانوسات مدرباً، كانا يعنيان أنهما لم يكونا في الغالب قادرين على وصف

مكتشفاتهما بطريقة تفصيلية يتوق إليها العلماء الحقيقيون. لم تحمل الكرة ضوءاً خارجياً، فقط لمبة مياه بقوة 250 واطاً ثبّتاها إلى النافذة، ولكن المياه تحت 150 متراً كانت عملياً غير قابلة للاختراق بأي حال، وكانوا يحدقون بالمياه عبر كوراتز سمكه ثلاثة إنشات، ولذلك فإن كل ما ينظران إليه يجب أن يكون مهتماً بهما كما يهتمان به. ومن ثمّ كل ما كانا قادرين على الإبلاغ عنه هو أنه كان هناك كثير من الأمور الغريبة في الأعماق. ففي غوص قاما به في عام 1934 بوغت بيبي حين شاهد أفعى عملاقة «طولها أكثر من عشرين قدماً وعريضة جداً». مرت بسرعة كبيرة مما جعلها أكثر من ظل. مهما كانت، لم يشاهد شيء مثلها من قبل. وبسبب غموض كهذا، تجاهل الأكاديميون تقاريرهما عامةً.

وبعد غوصهما الذي سجل رقماً قياسياً في 1934، فقد بيبي الاهتمام بالغوص وانتقل إلى مغامرات أخرى ولكن بارتون ثابر على الأمر. ولحسن حظه، كان بيبي يقول دوماً لكل من يسأله: إن بارتون هو الدماغ الحقيقي وراء المشروع، ولكن بارتون بدا غير قادر على الخروج من الظلال. كتب هو أيضاً قصصاً مثيرة عن مغامراتهما تحت الماء، وقد مثّل أيضاً في فيلم من إنتاج هوليود بعنوان: (عمالقة الأعماق)، يتحدث عن كرة الأعماق وظهر في كثيرٍ من المقابلات المثيرة والمضخّمة خيالياً مع حبّار عملاق عدواني وما شابه ذلك. وقام بالإعلان عن سجائر الجمل قائلاً: (إنها لا تسبّب لي نرفزة). وفي عام 1948 سجل رقماً قياسياً آخر في الغوص زاد عن الأول 50% وصل فيه إلى 1,370 متراً في المحيط الهادئ قرب كاليفورنية، ولكن العالم بدا مصمماً على إغفاله. واعتقد أحد الصحفيين الذين راجعوا فيلم (عمالقة الأعماق) أن نجم الفيلم هو بيبي. ولكن في هذه الأيام، بارتون محظوظ في الحصول على الانتباه.

على أي حال، كان على وشك أن يُطفأ كلياً على يد فريق مؤلف من أب وابنه من سويسرة، هما أوكوست وجاك بيكار، اللذان كانا يصممان نوعاً جديداً من المسبار دُعي غوّاصة الأعماق. عُمِّد باسم تريست Trieste على اسم المدينة الإيطالية

التي بُني فيها. كانت الآلة الجديدة قادرة على المناورة بنحو مستقل بالرغم من أنها فعلت أكثر من مجرد الصعود والهبوط. وفي واحدة من رحلاتها الأولى إلى الأعماق - في أوائل 1945 - نزلت إلى تحت 4,000 متر، متجاوزة تقريباً بثلاث مرات الرقم القياسي الذي حققه بارتون قبل ست سنوات. ولكن الغوص إلى أعماق البحار كان يتطلب كمية كبيرة من الدعم المكلف وكان بيكار وولده على شفا الإفلاس.

وفي 1958، وقّعا صفقة مع البحرية الأمريكية حصلت بمقتضاها البحرية على الملكية ولكن تركتهما مشرفين. والآن بعد أن أغدق عليهما التمويل، بنى بيكار وابنه المركبة من جديد وزوداها بجدران بسماكة 13 سنتمتراً، وقلّصا قطر النوافذ إلى 5 سنتمترات، وكان هذا أكبر بقليل من ثقوب النظر. وصارت قوية الآن وتستطيع تحمّل الضغط الكبير، وفي كانون الثاني 1960 غاص جاك بيكار والملازم أول دون لاش من البحرية الأمريكية ببطء إلى قاع أعمق وادٍ في المحيط، هو خندق مريانا، الذي يبعد عن جوام 400 كيلومتر في غرب المحيط الهادئ (الذي اكتشفه -ولكن ليس بالمصادفة- هاري هيس بمسباره للأعماق). استغرق الأمر أربع ساعات للهبوط إلى عمق 10.918 متر، أو 7 أميال تقريباً. وبالرغم من أن الضغط في ذلك العمق كان 17,000 رطل تقريباً في كل إنش مربع، لاحظا بدهشة أنهما أزعجا سمكاً مسطحاً يعيش في القاع. لم يكن لديهما العدة لالتقاط صور، ولهذا لا يوجد سجل بصري للحدث.

بعد عشرين دقيقة فقط في أعمق نقطة في العالم، عادا إلى السطح. كانت المناسبة الوحيدة التي هبط فيها البشر إلى أعماق كهذه.

بعد أربعين سنة، السؤال الذي يخطر بنحو طبيعي هو: لماذا لم يعد أحد منذ ذلك الوقت؟ والسبب في البداية هو أن الأميرال هيمان جي. ريكوفر عارض بقوة المزيد من الغوص، وهو رجل ذو مزاج عنيف، ووجهات نظر قوية، ويحكم سيطرته على دفتر الشيكات الخاص بالقسم. واعتقد أن الاستكشاف تحت الماء

تبديد للموارد وأشار إلى أن البحرية ليست مؤسسة للأبحاث. فضلاً عن ذلك، كانت الأمة على وشك أن تصبح مشغولة بشكل كامل بالسفر إلى الفضاء والبحث لإرسال إنسان إلى القمر، الأمر الذي جعل استكشاف أعماق البحار يبدو غير ذي أهمية وعتيق الطراز. ولكن الاعتبار الحاسم هو أن غوص تريست لم ينجز كثيراً في الواقع. وكما قال مسؤول في البحرية فيما بعد: «لم نتعلم كثيراً من ذلك، سوى أننا استطعنا القيام بالأمر. لماذا نفعل هذا مرة ثانية؟» كان الأمر يعني -باختصار- اجتياز طريق طويل للعثور على سمكة مسطحة، ومكلفة أيضاً. إن تكرار التجربة اليوم سيكلّف 100 مليون دولار كما قالت التقديرات.

حين أدرك الباحثون تحت الماء أن البحرية لا تنوي القيام ببرنامج استكشاف موعود، دوّت صرخة مؤلمة. وكي تهدئ نقادها، قدمت البحرية تمويلاً لغواصة أكثر تقدماً، تشغّلها مؤسسة وود هول للأبحاث البحرية في ماساتشوسيتس. دُعيت آلفن على شرف عالم البحار آلن سي فاين. كانت غواصة بالغة الصغر قادرة على المناورة بشكل كامل، بالرغم من أنها لم تبلغ العمق الذي بلغته تريست. كانت هناك مشكلة واحدة فحسب: لم يستطع المصممون العثور على أي شخص يرغب في بنائها. وكما قال وليم جي. بورد في كتابه: (الكون الذي في الأسفل): «لم ترغب شركة كبيرة مثل جنرال داينمكس -التي صنعت الغواصات للبحرية- أن تتولى مشروعاً حط من قدره كل من مكتب السفن والأميرال ريكوفر، وهما زعيما الرعاية البحرية». أخيراً، صنعت شركة جنرال ميلز للأغذية آلفنز، في معمل كانت تصنع فيه الآلات لإنتاج حبوب الفطور.

كان الناس في الواقع لا يمتلكون سوى فكرة محدودة عن الأشياء الأخرى التي كانت هناك في الأسفل من أشياء أخرى. وحتى الخمسينيات، كانت أفضل الخرائط المتوافرة لعلماء المحيطات تستند بشكل كبير إلى تفاصيل قليلة من مسوح متفرقة تعود إلى 1929، ومطعمة جوهرياً بمحيط من العمل القائم على التخمين. كانت البحرية الأمريكية تمتلك خرائط ممتازة لتوجيه الغواصات عبر

الأودية وحول الموائد البحرية(*)، ولكنها لم ترد أن تصل معلومات كهذه إلى أيدي السوفييت، ولهذا أبقت معلوماتها سرية. كان على الأكاديميين أيضاً أن يلجؤوا إلى بديل آخر هو المسوح القديمة الناقصة أو الاعتماد على الحدس. وحتى اليوم إن معرفتنا بقاع المحيط لا تزال ناقصة. إذا نظرتم إلى القمر بتلسكوب عادي في الفناء الخلفي فإنكم ستشاهدون حفراً واضحة فراكستوريوس Fracastorious، وبلانكانوس Blancanus، وزاخ Zach، وبلانك Planck، وأخرى كثيرة مألوفة لعلماء القمر ستكون مجهولة لو كانت في قيعان محيطاتنا. لدينا خرائط للمريخ أكثر مما لدينا لقيعان بحارنا.

كانت تقنيات الاستقصاء ارتجالاً تافهاً على مستوى السطح. وفي 1994 سقط عن ظهر سفينة شحن كورية 34,000 قفاز خاص برياضة الهوكي على الجليد في أثناء عاصفة في المحيط الهادي. وصلت القفازات كلها إلى الشاطئ من فانكوفر إلى فيتنام وساعدت علماء المحيطات على رصد التيارات بشكل أكثر دقة مما سبق وفعلوه.

واليوم، يبلغ عمر آلفن أربعين سنة تقريباً، ولكنها لا تزال غواصة الأبحاث الأولى في العالم. وليس هناك غواصات تستطيع أن تغوص إلى أي مكان بعمق خندق مريانا، وهناك خمس منها فحسب -بينها آلفن- تستطيع الوصول إلى أعماق «سهل الهاوية» قاع المحيط العميق الذي يغطي نصف سطح الكوكب. إن غواصة عادية تكلف 25000 دولار في اليوم كي تعمل، ولهذا نادراً ما تغوص من أجل نزوة، أو ترسل إلى أعماق البحار على أمل أنها ستعثر عشوائياً على شيء ما مهم. ويبدو كأن تجربتنا المباشرة مع عالم السطح كانت تستند إلى عمل خمسة أشخاص يستكشفون على عربات يدويّة في الحديقة بعد أن يخيّم الظلام. وكما قال روبرت كنزينغ: ربما فحص البشر «جزءاً من مليون أو بليون من ظلمة البحر. ربما أقل. ربما أقل بكثير».

(*) جبال بحرية صغيرة مسطحة القمة.

كان علماء المحيطات مثابرين وقاموا بعدة اكتشافات مهمة بمواردهم المحدودة، وبينها -في عام 1977- أحد أهم الاكتشافات البيولوجية المذهلة في القرن العشرين. في ذلك العام، عثرت آلفن على مستعمرات متكاثرة من متعضيات ضخمة تعيش في فجوات بحرية عميقة أو حولها مقابل جزر الغلاباغوس، وهي ديدان أنبوبية طولها أكثر من 3 أمتار، وبطلينوسات عرضها 30 سنتمتراً، وقريدس وبلح بحر غزير، وديدان متلوية رفيعة. وكلها تدين بوجودها إلى مستعمرات شاسعة من البكتيريا التي تستمد طاقتها وغذاءها من كبريتيد الهيدروجين؛ وهو مركب سام جداً لمخلوقات السطح، وتتدفق بثبات من الفتحات. كان عالماً مستقلاً عن ضوء الشمس والأكسجين أو أي شيء آخر يرتبط عادة بالحياة. كان هذا نسق حياة لا يستند إلى التخليق الضوئي، وإنما إلى التخليق الكيميائي، وهذا ما كان سيرفضه علماء البيولوجيا ويعدّونه منافياً للطبيعة والعقل لو طرحه أحد أصحاب الخيال الجامح.

تُطلق هذه الفتح كميات كبيرة من الحرارة والطاقة. إن أربعاً وعشرين من هذه الفتحات تُنْتِجُ من الطاقة ما يعادل إنتاج محطة كهربائية كبيرة، أما الحرارة فمتنوعة ومرتفعة جداً. إن درجة الحرارة عند نقطة التدفق الخارجي يمكن أن تصل إلى 400 درجة مئوية، بينما على بعد مترين يمكن أن تكون المياه أعلى من درجة التجمد بدرجتين أو ثلاث. وقد عُثر على نوع من الديدان يُدعى الديدان المعوية alvinellids في الأطراف، حيث حرارة الماء أعلى بـ 78 درجة عند رؤوسها مما هي عند ذيولها. اعتقد قبل هذا أنه لا يمكن أن تحيا متعضيات معقّدة في ماء درجة حرارته أعلى من 54 درجة مئوية، واكتُشفت الآن متعضيات تعيش في مياه أكثر سخونة من هذا وفي البرد الشديد. لقد حوّل هذا الاكتشاف فهمنا لمتطلبات الحياة.

حلّ أيضاً أحد الألغاز الكبرى في علم المحيطات، وهو شيء لم يدرك كثير منا أنه لغز، وأعني السبب في عدم ازدياد ملوحة المحيطات مع مرور الوقت. تحتوي المحيطات على كثير من الأملاح، ما يكفي لدفن سطح الكوكب الأرضي إلى عمق

150 متراً تقريباً. وكان من المعروف طيلة قرون أن الأنهار تحمل المواد المعدنية إلى البحـر، وأن هذه المواد المعدنية تمتـزج بالأيونات في مياه المحيط لتشكيل الأملاح. وحتـى الآن لا توجد مشكلـة. ولكن ما كان لغزاً هـو أن مستويات الملوحة في البحر ثابتـة. تتبخّر ملايين غالونات المياه العذبة من المحيـط يومياً، تاركة كل أملاحها خلفهـا، وهكذا فإن مـن المنطقي أن تصير البحار أكثر ملوحـة مع مرور الأعوام، ولكـن هـذا لا يحصل. هناك شـيء ما يأخذ كميـة من الأملاح من المـاء مساوية للكمية التي توضع فيه. ولوقت طويل جداً، لم يستطع أحد أن يعرف السبب.

إن اكتشـاف آلفن لفتحات البحر العميقة قـدم الإجابة. أدرك علماء الفيزياء الجغرافية أن الفجوات تعمل كمصافٍ في حوض للأسماك. فحين تنحدر المياه إلى داخـل قشرة الأرض، تُخلّص من الأملاح، ثم تخرج المياه النظيفة مرة أخرى عبر أنابيـب المدخنـة. إن العملية ليست سريعة يمكن أن يستغـرق الأمر عشرة ملايين عام لتنظيف المحيط، ولكن العملية فاعلة بشكل مدهش إذا لم تكونوا مستعجلين.

ربما لا شيء يتحدث بشكل أفضل عن بعدنا السيكولوجي عن أعماق المحيطات أكثر من الهدف الرئيس، الذي عبر عنه علماء المحيطات في أثناء العام الجغرافي العالمـي، 1957 – 1958، وهو دراسة «استخـدام أعماق المحيطات لدفن النفايات الإشعاعيـة». لم تكـن هـذه وظيفة رسميـة -كما تفهمـون- وإنمـا عجرفة عامة. وبالرغـم من أن الأمر لم يُعلن عنه كثيراً، فقـد كان دفن المواد المشعة في 1957 – 1958 يحـدث بقوة مرعبـة، لأكثر من عقد. ومنذ 1946، كانـت الولايات المتحدة تنقـل براميل تتسـع لخمسة وخمسـين غالوناً من المـواد القذرة المشعـة إلى جزر فـالارون -التـي تبعد عن كاليفورنيـة 50 كيلومتراً قرب سـان فرانسيسكو- حيث كانت ترميها ببساطة عن ظهر السفينة.

كان هذا عملاً قذراً بشكل فائق للعادة. وكانت معظم البراميل من النوع الذي تـراه يصدأ خلف محطات الوقود أو ينتصب أمام المصانع، دون بطانة حامية من أي نـوع. وحين لا تغوص -وهذا ما كان يحدث عـادة- كان رماة البحرية يثقبونها

بالرصاص؛ كي يجعلوا الماء يدخل فيها (وبالطبع لجعل البلوتونيوم واليورانيوم والسترونتيوم تخرج منها). وقبل أن تتوقف عملية دفن النفايات هذه في التسعينيات كانت الولايات المتحدة قد دفنت مئات الآلاف من البراميل في خمسين موقعاً في المحيط، ودفنت خمسين ألف منها تقريباً في جزر فالارون وحدها. لم تكن الولايات المتحدة هي وحدها التي تفعل ذلك. فمن بين دافني النفايات المتحمسين الآخرين هناك روسية والصين ونيوزلندة ومعظم الدول الأوروبية تقريباً.

ما التأثير الذي يمكن أن يكون قد أحدثه هذا على الحياة في أعماق البحار؟ إنه قليل -كما نأمل- ولكننا في الواقع لا نمتلك فكرة عن ذلك. فجهلنا للحياة في أعماق البحار كبير جداً ومفاجئ. فنحن لا نعرف إلا قليلاً عن أكثر حيوانات المحيط قوة، كالحوت الأزرق الكبير على سبيل المثال، هذا الكائن ذو المواصفات العملاقة كما يقول ديفد أتنبورو: «لسانه بوزن فيل، وقلبه بحجم سيارة وبعض شرايينه عريضة بحيث تستطيع أن تسبح فيها». إنه أضخم وحش أنتجته الأرض حتى الآن، وهو أكبر حتى من أضخم الديناصورات البطيئة. ولكن حياة الحيتان الزرقاء لا تزال مجهولة. أحياناً تطلق الحيتان الزرقاء أغنية ثم تلتقطها مرة أخرى تماماً في البقعة نفسها بعد ستة أشهر. وأحياناً تطلع بأغنية جديدة، لم يسمعها أي عضو من قبل ولكن يعرفها سابقاً. أما كيف تفعل هذا ولماذا فغير مفهوم تماماً. وهذه حيوانات تخرج إلى السطح بانتظام؛ كي تتنفس.

بالنسبة للحيوانات التي لا تريد السطح أبداً فإن الغموض يمكن أن يكون مشوّقاً أكثر. فكروا بمعرفتنا بالحبّار الخرافي العملاق. بالرغم من أنه لا شيء بالمقارنة مع الحوت الأزرق، فإنه حيوان قوي جداً، عيناه بحجم كرة القدم وطول مجساته المتدلية 18 متراً. يزن طناً تقريباً وهو أكبر لافقاري على الأرض. إذا وضعتم واحداً في مسبح صغير، فلن يكون هناك كثير من المجال لأي شيء آخر. ومع ذلك لم يرَ أي عالم أو أي شخص على حد علمي حباراً عملاقاً على قيد الحياة. كرّس علماء الحيوانات حياتهم المهنية محاولين أسر أو لمح حبار عملاق حي لكنهم لم يفلحوا في ذلك. وهي تُعرف من أنها تُطرح على الشاطئ، وخصوصاً، ولأسباب مجهولة،

على شواطئ جزيرة نيوزلندة الشمالية. لا بد أنها توجد في أعداد كبيرة؛ لأنها تشكّل جزءاً محورياً من غذاء حيتان العنبر، التي تحتاج إلى كثيرٍ من الغذاء(*) .

وبحسب أحد التقديرات، يمكن أن يكون هناك 30 مليون نوع من الحيوانات التي تعيش في البحر، معظمها لم يُكتشف بعد. لم يحدث التلميح الأول عن غزارة الحياة في البحار العميقة إلا في الستينيات بعد اختراع الجاروفة، وهي أداة لاستخراج المتعضيات ليس من قاع البحر فحسب، وإنما أيضاً من الرسابة التي في الأسفل. ففي عملية صيد واحدة بالجاروفة على طول الإفريز القاري، وعلى عمق 1.5 كيلومتر، اصطاد عالما محيطات من وودس هما (هول هوارد ساندلر) و(روبرت هسلر) أكثر من 25 ألف مخلوق ديدان، ونجوم البحر، وخيار البحر، وغيرها وهي تمثل 365 نوعاً. وحتى على عمق 5 كيلومترات، عثرا على 3700 مخلوق يمثلون تقريباً مئتي نوع من المتعضيات. ولم تستطع عملية الاستخراج أن تصطاد إلا تلك الأشياء التي كانت بطيئة جداً أو غبية، بحيث كانت تضل طريقها. وفي أواخر الستينيات خطرت لعالم بيولوجيا بحرية يدعى جوزف إساكس فكرة إنزال كاميرا مع طعم مثبت عليها، فعثر على حشود كثيفة من الجرّيث الملتف، وهو مخلوق بدائي يشبه الأنقليس، وكذلك على حشود سريعة من سمك الغرناد. حيث يتوافر مصدر للطعام بشكل مفاجئ على سبيل المثال، حين يموت حوت ويغوص إلى القاع يمكن أن يعثر على 390 نوعاً من المخلوقات البحرية تتغذى عليه. وعُثر على كثير من هذه المخلوقات وهي تخرج من ثقوب على بعد 1600 كيلومتر. وتتضمن أنواعاً مثل بلح البحر والبطلينوس، اللذين لا يُعرف أنهما يسافران مسافات طويلة. ويعتقد الآن أن يرقات متعضيات معيّنة يمكن أن تندفع عبر المياه ويُعرف عن طريق وسائل كيميائية معيّنة أنها وصلت إلى مصدر للغذاء وتوقفت عنده.

(*) إن الأجزاء غير القابلة للهضم من الحبّار العملاق -وخصوصاً مناقيرها- تتراكم في معدات حيتان العنبر في مادة تدعى العنبر، التي تستخدم في صناعة العطور مثبتاً. في المرة الآتية التي ترش فيها شانيل رقم 5 (لنفترض أنك تفعل) يمكن أن تفكّر في أنك ترش نفسك بقطارة حوت بحري لامرئي.

لماذا نفرض على المحيطات ضريبة مفرطة كهذه إذا كانت شاسعة هكذا؟ إن بحار العالم ليست سخية جداً. إن أقل من عشر المحيط يُعدّ منتجاً بشكل طبيعي. وتحب معظم الأنواع المائية أن تكون في المياه الضحلة، حيث يوجد الدفء والماء ووفرة من المادة العضوية لإعداد سلسلة الغذاء. إن الشعب المرجانية -على سبيل المثال- تشكل أقل من 1% من سعة المحيط ولكنها تُؤوي نحو 15% من الأسماك.

ليست المحيطات غنية وفي أمكنة أخرى. خذوا أسترالية. فأسترالية التي تملك 36,735 كيلومتراً من الخط الساحلي وأكثر من 23 مليون كيلومتر مربع من المياه الإقليمية، تملك من البحر الذي يلامس شاطئها أكثر من أي بلد آخر، مع ذلك -وكما يقول تيم فلانيري- فإن هذا لا يجعلها من الدول الخمسين الأولى في صيد الأسماك. والواقع أن أسترالية هي مستوردة كبيرة للطعام البحري. والسبب هو أن كثيراً من مياه أسترالية صحراء على غرار كثير منها (والاستثناء الملحوظ هو الحاجز المرجاني الكبير مقابل كوينزلاند، الذي هو خصب بشكل سخي. ولأن التربة فقيرة فهي لا تنتج عملياً مواد مغذية في صبيبها).

وحتى حيث تزدهر الحياة، فهي غالباً حساسة إلى حد كبير من الإزعاج. ففي السبعينيات، اكتشف الصيادون الأستراليون -وإلى حد أقل النيوزلنديون- أسماكاً معروفة قليلاً تعيش على عمق 800 متر في أفاريزهم القارية. كانت تعرف باسم الري البرتقالية، وهي لذيذة وتوجد في أعداد كبيرة. كانت أساطيل الصيد تخرج 40000 طن من الري في العام. ثم قام علماء البيولوجيا البحرية ببعض الاكتشافات المخيفة. إن أسماك الري معمّرة وتنضج ببطء. يمكن أن يصل عمر بعضها إلى 150 عاماً؛ إن أي سمكة ري سبق أن تناولتها يمكن أن تكون قد ولدت حين كانت فكتوريا ملكة. تبنت الروي نمط الحياة غير السريع هذا؛ لأن المياه التي تعيش فيها فقيرة الموارد. ففي مياه كهذه، تسرأ(*) الأسماك مرة واحدة في حياتها. ومن الواضح أن هذه الأسماك لا تستطيع تحمّل كثير من الإزعاج. ولسوء الحظ، في الوقت الذي أدرك فيه هذا نقص المخزون كثيراً. وحتى بإدارة جيدة ستمر عقود قبل أن ينتعش من جديد، هذا إذا حصل هذا.

وفي مكان آخر، كان سوء استغلال المحيط ضاراً ومتعمّداً أكثر. إن كثيراً من الصيادين ينتزعون زعانف أسماك القرش ثم يرمونها إلى الماء؛ كي تنفق. ففي 1998 بيعت زعانف القرش بمبلغ 110 دولار للكيلوغرام الواحد، ويبلغ ثمن صحن من حساء القرش في طوكيو 100 دولار. وقدّر صندوق الحياة البرية العالمي في 1994 أن عدد أسماك القرش التي تُقتل سنوياً يتراوح بين 40 إلى 70 مليوناً.

وفي 1995، كانت 37,000 سفينة صيد مهيأة صناعياً ونحو مليون من الزوارق الأصغر تأخذ من أسماك البحر أكثر بمرتين مما كانت تفعل قبل 25 سنة. إن الجاروفات في هذه الأيام (سفن الصيد) هي أحياناً كبيرة جداً وتجر وراءها شباكاً كبيرة بما يكفي لحمل دزينة من الطائرات الضخمة. بعضها تستخدم طائرات رصد لتحديد أمكنة حشود الأسماك من الجو.

ويقدر أن ربع كل شبكة صيد تُرفع يحتوي على «صيد جانبي»، وهي أسماك لا يمكن إنزالها؛ لأنها صغيرة جداً، أو من النوع الخطأ أو تُصطاد في الفصل غير المناسب. وكما قال أحد المراقبين لمجلة الإكونومست: «لا نزال في العصور الوسطى المظلمة. إننا نرمي الشبكة ونخرجها لنشاهد ما يعلق فحسب». ومن المحتمل أن 22 مليون طن من هذه الأسماك غير المرغوب بها تُرمى في البحر مرة ثانية كل عام، ومعظمها على شكل جثث. فمقابل كل كيلوغرام من القريدس، يُقضى على نحو أربعة كيلوغرامات من الأسماك والكائنات البحرية الأخرى.

تُفرغ سفن الصيد مناطق شاسعة من قاع بحر الشمال سبع مرات في العام، وهذه درجة من الإزعاج لا يمكن أن يتحملها أي نظام بيئي. فقد أُفرط في اصطياد ثلثي الأنواع في بحر الشمال كما تقول تقديرات كثيرة. أما الأمور عبر الأطلسي فليست أفضل. تكاثرت أسماك الهلبوت مرة في أعداد كبيرة على مبعدة من نيوإنجلاند، بحيث إنّ الزوارق المفردة كانت تصطاد منها 20000 رطل في اليوم. أما الآن فإن الهلبوت منقرض على الساحل الشمالي الشرقي لأمريكة.

لا شيء -على أي حال- يُقارن بمصير سمك القُد. ففي أواخر القرن الخامس عشر، اكتشف المستكشف جون كابوت أسماك القد في أعداد لا تصدق على الضفاف الشرقية لأمريكا الشمالية، وهي مناطق من المياه الضحلة مشهورة بوجود أسماك تتغذى في القاع مثل القد. ووجد السمك بأعداد كبيرة، بحيث إنّ كابوت المدهوش قال: إن البحارة كانوا يغرفونها بالسلال. كانت بعض الضفاف شاسعة. فضفاف جورجيز -على مبعدة من ماساتشوسيتس- هي أكبر من الولاية التي تتاخمها. أما الضفاف الكبرى التي على مبعدة من نيوفاوندلاند فهي أكبر، وكانت لقرون تحتوي على كثير من أسماك القد. اعتُقِد أنها لا تُستنفد. ولكنها بالطبع انقرضت.

وفي 1960 انحدر عدد أسماك القد في شمال الأطلسي إلى ما قدر بـ 1.6 طن. وفي 1990 انحدر إلى 22,000 طن. وبالمصطلحات التجارية، انقرض القد. وقال مارك كرلانسكي في كتابه الرائع (أسماك القد): «إن الصيادين اصطادوا كل أسماك القد». يمكن أن يكون القد قد ضيّع المحيط الأطلسي إلى الأبد. وفي 1992 توقف صيد أسماك القد في الضفاف الكبرى، ولكن في 2002 -وبحسب تقرير نُشر في مجلة نيتشر- لم يعد المخزون من جديد. ويقول كرلانسكي: إن أسماك الفيليه أو أصابع السمك كانت في الأصل أسماك قد، ولكنها استبدلت بها سمك الحدّوق، ثم السمك الأحمر، ثم سمك البلوق من المحيط الهادئ. وقال بجفاف: «في هذه الأيام إن السمك هو أي شيء يبقى».

ويمكن قول الشيء نفسه عن كثير من الأغذية البحرية الأخرى. ففي مصائد نيوإنجلاند التي على مبعدة من رود آيلاند، كان اصطياد سرطانات بحرية تزن 9 كيلوغرامات عملاً روتينياً في إحدى المرات. كانت أحياناً تزن أكثر من 13 كيلوغراماً. إن السرطانات إذا تركت دون صيد يمكن أن تعيش لعقود نحو 70 سنة، كما يعتقد ولا تتوقف أبداً عن النمو. وفي هذه الأيام قلة من السرطانات تزن كيوغراماً واحداً. وقالت النيويورك تايمز: «إن علماء البيولوجيا يقدرون أن 90%

مـن السرطانات اصطيد خلال عام بعد أن وصل إلـى الحجم الأدنى القانوني في نحو سن السادسة». وبالرغم من انحدار الصيد، يواصل صيادو نيوإنجلاند تلقي حوافـز ضريبية تشجيعيـة فدرالية ومن الولاية، وفي بعض الأحيان يرغمون على اقتناء قوارب أكبر والانطلاق إلى حصاد البحر بشكل أكبر. واليوم لا يعثر صيادو ماساتشوسيتس إلا على أسماك الجرّيث الكريهة، التي لا يوجد لها إلا سوق ضئيلة في الشرق الأقصى، ولكن أعدادها تنحدر الآن.

مـن اللافت أننا نجهـل الآلية (الديناميـة) التي تحكم الحيـاة في البحر. إن حيـاة البحر أفقر مما ينبغي أن تكون عليـه في مناطق أفرط في الصيد فيها، وفي بعض المياه الفقيرة بشكل طبيعي هناك من الحيـاة أكثر مما ينبغي أن يكون. إن المحيطـات الجنوبية حـول أناركتيكة لا تنتج إلا 3% من العوالق النباتية في العالم، وهـذا قليل جداً -كمـا يبدو- لدعم نظام بيئـي معقد، ولكنها مع ذلـك تفعل. إن الفقمات الآكلـة للسرطانات ليست أنواعاً من الحيوانـات التي سمع معظمنا بها، ولكن من المحتمل أنها بالفعل النوع الثاني الأكثر عدداً من الحيوانات على الأرض، بعـد البشـر. من المحتمـل أن 15 مليوناً منهـا يعيش على الجليـد المرصوص حول أناركتيكـة. مـن المحتمـل أن هناك أيضاً مليـوني فقمة ويدّل، وعلـى الأقل نصف مليـون بطريق. إن سلسلة الغذاء غـير مستقرة بشكل مقلق، ولكنها تعمل نوعاً ما. ومن اللافت أنه لا أحد يعرف كيف.

إن كل مـا سبق طريقة ملتوية للقول: إننا نعرف قليلاً عن نظام الأرض الأكبر. ولكـن -وكما سنرى في الصفحـات المتبقية- حالما تبـدؤون بالحديث عن الحياة، فـإن هناك كثيراً جـداً الذي لا نعرفـه، وخصوصاً كيف استمـرت هذه الحياة في المقام الأول.



الفصل التاسع عشر

عالم صغير

من الأفضل ألا تشغلكم ميكروباتكم بشكل موسوس. كان عالم الكيمياء والبكتيريا الفرنسي العظيم لويس باستور منشغلاً بميكروباته إلى درجة أنه كان ينظر باشمئزاز إلى الصحون جميعاً التي توضع أمامه بعدسة مكبرة، وهذه عادة لم تكسبه على الأرجح كثيراً من الدعوات المتكررة إلى العشاء.

إن محاولة الاختباء من الجراثيم لا تجدي؛ لأنها موجودة فيكم وحولكم دوماً، وفي أعداد لا تستطيعون تصورها. إذا كنتم تتمتعون بصحة جيدة ومجتهدين إلى حد ما في اتباع قواعد الصحة، فإنكم ستمتلكون قطيعاً من نحو ترليون بكتيريا ترعى في سهولكم اللحمية، نحو مئة ألف واحدة منها في كل سنتمتر مربع من الجلد. وهي هناك كي تأكل عشرة بلايين قشرة أو ما يقارب ذلك من الجلد الذي تطرحونه كل يوم، بالإضافة إلى كل الزيوت الطيبة والمعادن المدعّمة التي تتدفق من كل خلية وشق. أنتم بالنسبة لها مطعم، بجو من الدفء والحركية المستمرة. إنها تتفضل عليكم وتمنحكم الرائحة الجسدية الكريهة.

هذه هي الجراثيم التي تسكن جلدك فقط. هناك ترليونات منها ملتصقة في أحشائك ومسالك أنفك، وتتمسك بشعرك وأهدابك، وتسبح فوق سطح عينيك، وتحفر عبر مينا أسنانك. إن جهازك الهضمي يستضيف أكثر من مئة ترليون ميكروب، من أربعة أنماط على الأقل. بعضها يتعامل مع السكر، وبعضها الآخر مع النشويات، وبعضها الآخر يهاجم بكتيريا أخرى. وهناك عدد كبير جداً، مثل الملتوية المعوية الكلية الحضور، لا وظيفة مرصودة لها مطلقاً. يتألف كل جسم بشري من نحو مئة كدريليون خلية بكتيرية. فهي -باختصار- تشكل جزءاً كبيراً منا. ومن وجهة نظر الجراثيم، بالطبع، نحن جزء صغير منها.

ونظراً لأننا أذكياء بما يكفي لإنتاج المضادات الحيوية والمعقّمات واستخدامها، من السهل أن نقنع أنفسنا أننا طردنا الجراثيم إلى هوامش الوجود. لا تصدقوا ذلك. إن الجراثيم لا تبني المدن أو تمتلك حياة اجتماعية ممتعة، ولكنها ستكون هنا حين تنفجر الشمس. هذا هو كوكبها، ونحن عليه لأنها تسمح لنا بذلك.

لا تنسوا أبداً أن الجراثيم، عاشت بلايين السنين دوننا. لكننا لا نقدر أن نعيش يوماً واحداً دونها. فهي تعالج نفاياتنا وتجعلها قابلة للاستخدام مرة ثانية؛ ولن يفسد أي شيء لولا قضمها المجتهد. إنها تطهر مياهنا وتجعل تربتنا منتجة. وتركّب الجراثيم الفيتامينات في أحشائنا، وتحوّل الأشياء التي نأكلها إلى سكريات مفيدة وإلى السكّر العُدّادي (متعدّد السكّريد)، وتشن الحرب على الميكروبات الغريبة التي تنزلق إلى المريء.

نعتمد كلياً على الجراثيم من أجل انتزاع النتروجين من الجو وتحويله إلى نيوكليوتيد(*) وأحماض أمينية لنا. إنه إنجاز مهم وسار. وكما قال مارجوليس وساغان: إن القيام بالشيء نفسه صناعياً (كما حين نصنع السماد) يقتضي أن يسخّن الصناع مواد المصدر إلى 500 درجة مئوية، ويعصروها بضغط أعلى بثلاث مئة مرة من الضغط العادي. إن الجراثيم تفعل الشيء نفسه طوال الوقت دون جلبة، وشكراً لله، إذ لا يمكن أن يعيش متعض أكبر دون النتروجين الذي تمرره. وقبل كل شيء، تواصل الميكروبات تزويدنا بالهواء الذي نتنفّسه ولإبقاء الجو مستقراً، إن الميكروبات -وبينها النسخ الحديثة من جراثيم السيانو cyanobacteria- تقدم الجزء الأكبر من أوكسجين الكوكب القابل للتنفس. إن الأشنيات ومتعضيات أخرى صغيرة تقرقر في البحر تطرح إلى الخارج نحو 150 بليون كيلوغرام من الأوكسجين كل عام.

إنها غزيرة بشكل مدهش. ويستطيع الأكثر ذعراً بينها أن يقدم جيلاً جديداً في أقل من عشر دقائق. إن كلوستريديوم برفرنجينس Clostridium perfringens،

(*) أي من عدّة مركّبات عضوية تتألف من النيوكليوسيد متّحداً بحمض الفوسفوريك. المترجم.

المتعضي الصغير غير المستساغ الذي يسبب الغرغرينا، يستطيع أن يتكاثر في تسع دقائق ثم ينقسم ثانية. وتستطيع جرثومة واحدة، في سرعة كهذه، أن تنتج نظرياً سلالات في مدة يومين أكثر مما يوجد بروتونات في الكون. «إن خلية جرثومية واحدة تستطيع -إذا ما مُنحت زاداً ملائماً من المواد المغذّية- أن تولّد 280,000 بليون فرد في يوم واحد»، كما قال عالم الكيمياء البيولوجية الحاصل على جائزة نوبل كرستيان دي دوف Christian de Duve. وفي المدة نفسها، تستطيع الخلية البشرية أن تقوم بانقسام واحد فحسب.

إنها تنتج طفرة مرة في كل مليون انقسام. وهذا حظ سيئ للطفرة؛ ذلك لأن التغير بالنسبة للمتعضّي ينطوي دوماً على مجازفة، ولكن الجرثومة الجديدة تُمنح أحياناً بعض الفوائد العرضية، مثل القدرة على الخداع أو درء هجوم المضادات الحيوية. وبالإضافة إلى المقدرة على التطور بسرعة، تكتسب فائدة أخرى مخيفة أكثر. إن الجراثيم تتشاطر المعلومات. إن أي جرثومة تستطيع أن تأخذ قطعاً من الشفرة الوراثية من أي جرثومة أخرى. إن الجراثيم جميعاً -كما يعبّر مارجوليس وساغان عن الأمر- تسبح في بركة جينية واحدة. إن أي تغير تكيفّي يحدث في إحدى المناطق من كون الجراثيم يمكن أن ينتشر إلى منطقة أخرى. ويبدو الأمر كأن الإنسان يستطيع أن يذهب إلى حشرة، ويحصل على الشفرة الجينية الضرورية كي ينمو له جناحان أو يسير على السقف. هذا يعني -من وجهة نظر جينية- أن الجراثيم أصبحت متعضيات فائقة (سوبر) فردية وصغيرة ومنتشرة، ولا تُقهر.

تعيش الجراثيم وتزدهر على كل ما تسفحونه أو تقطّرونه أو تطرحونه. امنحوها قليلاً من الرطوبة كما حين تمررون قطعة قماش رطبة على طاولة، وسوف تزدهر كأنها خُلقت من العدم. تأكل الأخشاب، والصمغ في ورق الجدران، والمعدن في الدهان المقسّى. وقد اكتشف العلماء في أستراليا ميكروبات تعرف باسم ثيوباسيلوس كونكريتيفورانس Thiobacillus concretivorans، التي عاشت

ولا تستطيع أن تعيش إلا في أحماض الكبريتيك القوية والمركزة بما يكفي لتذويب الحديد. واكتُشف أن نوعاً يُدعى ميكروكوكوس راديوفيلوس Micrococcus radiophilus يعيش بسعادة في أحواض نفايات المفاعلات النووية، يلتهم البلوتونيوم وكل ما هو هناك. إن بعض الجراثيم تحلّل المواد الكيميائية التي لا تكتسب منها أي فائدة مطلقاً.

عُثر على الجراثيم في حفر الطين التي تغلي وبحيرات الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم)، عميقاً داخل الصخور، وفي قاع البحر، وفي برك مخبأة من الماء المتجمد في أودية مكموردو الجافة في أناركتيكة، وعلى عمق أحد عشر كيلومتراً في قاع المحيط الهادي حيث الضغط أعلى بألف مرة. ويبدو كأن بعض هذه الجراثيم لا يمكن القضاء عليه. إن الدينوكوكوس راديوديورانس Deinococcus radiodurans، كما قالت مجلة الإكونومست: «تمتلك مناعة ضد النشاط الإشعاعي». وإذا ما تم تفجير الـ (DNA) الخاص بها بالإشعاع تقوم القطع بإعادة التشكل على الفور «كأعضاء مصاص الدماء التي تعاود تشكّلها بسرعة في فيلم رعب».

ربما كان بقاء جرثومة ستريبتوكوكس Streptococcus على قيد الحياة هو الأمر الأكثر خرقاً للعادة الذي وجد حتى الآن. وقد أخرجت هذه البكتيريا من العدسات المختومة لكاميرا بقيت على القمر مدة عامين. باختصار، هناك بضع بيئات ليست الجراثيم مجهزة كي تعيش فيها. وقد أخبرتني فكتوريا بينيت: «إن العلماء يكتشفون الآن حين يدفعون المسبارات في فوهات المحيط الحارة أن المسبارات تبدأ بالذوبان، هناك جراثيم حتى هناك».

في العشرينيات، أعلن عالمان من جامعة شيكاغو، هما إدسون باستن وفرانك جرير أنهما عزلا من آبار النفط عترة من البكتيريا تعيش على أعماق 600 متر. رُفضت الفكرة على أنها جوهرياً منافية للطبيعة أو العقل ليس هناك شيء يعيش على عمق 600 متر، وافتُرض مدة خمسين عاماً أن عيّناتهما ملوّثة بميكروبات السطح. لكننا نعرف الآن أن هناك كثيراً من الميكروبات التي تعيش عميقاً داخل

الأرض، وكثير منها لا علاقة له بالعالم العضوي التقليدي. إنها تأكل الصخور أو المواد التي داخل الصخور كالحديد والكبريت والمنغنيز وغيرها. وتتنفس أشياء غريبة أيضاً مثل الحديد والكروميوم والكوبالت وحتى اليورانيوم. إن عمليات كهذه يمكن أن تكون مفيدة في تركيز الذهب والنحاس ومعادن ثمينة أخرى، وربما النفط والغاز الطبيعي. واقترح أن قضمها الذي لا يكلّ كوّن قشرة الأرض.

يعتقد بعض العلماء الآن أنه من المحتمل أن هناك 100 ترليون طن من الجراثيم التي تعيش تحت أقدامنا فيما يدعى باسم النظام البيئي الجرثومي تحت السطحي lithoautotrophic الذي يختصر هكذا SLiME. وقدّر توماس جولد من جامعة كورنل أنكم لو أخرجتم كل الجراثيم من باطن الأرض ورفعتموها إلى السطح، فإنها ستغطي الكوكب على عمق 15 متراً، بارتفاع بناء من أربعة طوابق. إذا كانت التقديرات صحيحة يمكن أن يكون هناك حياة في باطن الأرض أكثر مما هو على سطحها.

في الأعماق، تتقلص الميكروبات في الحجم وتصبح بليدة بشكل كبير. إن الأكثر حيوية بينها يمكن ألا ينقسم أكثر من مرة في قرن، وبعضها لا ينقسم أكثر من مرة في 500 عام. وكما عبّرت مجلة الإكونومست عن الأمر: «إن المفتاح إلى طول الحياة على ما يبدو هو عدم العمل كثيراً». حين تكون الظروف صعبة، تستعدّ الجراثيم لإغلاق الأنظمة جميعها والانتظار إلى أوقات أفضل. وفي 1997 نشّط العلماء بنجاح بعض أبواغ الجمرة الخبيثة التي دخلت مرحلة سبات مدة ثمانين عاماً في عرض متحفي في تروندهايم، وفي النرويج. عادت بعض المتعضيات الصغيرة الأخرى إلى الحياة بعد أن أخرجت من علبة لحم قديمة عمرها 118 سنة ومن زجاجة بيرة عمرها 166 سنة. وفي 1996 زعم العلماء في أكاديمية العلوم السوفيتية أنهم أحيوا جراثيم مجمدة في جَمَدٍ سرمدي مدة ثلاثة ملايين عام في سيبيريا. ولكن العملية التي سجلت رقماً قياسياً حتى الآن هي التي قام بها رسل فريلاند وزملاؤه في جامعة ويست تشيستر في بنسلفانية في عام 2000، حين أعلنوا أنهم أحيوا جرثومة عمرها 250 مليون عام تدعى باسيلوس برميانس

Bacillus permians اصطيدت في رسابة ملح على عمق 600 متر تحت الأرض في كارلسباد، ونيومكسيكو. وإذا كان الأمر هكذا، فإن هذه الجرثومة أقدم من القارات.

قوبل التقرير ببعض الشكوك القابلة للفهم. وأكد كثير من علماء الكيمياء الحيوية أنه في مدة طويلة كهذه ستصبح مكوّنات الميكروب بلا فائدة إلا إذا بعث الميكروب نفسه بين وقت وآخر. على أي حال، إذا تحركت الجرثومة بين مدة وأخرى، فهذا يعني أنه لا يوجد قوة داخلية من الطاقة قابلة للتصديق يمكن أن تستمر هذا الوقت الطويل. واقترح أكثر العلماء الأكثر تشكيكاً أن العيّنة يمكن أن تكون ملوّثة، وإذا لم يحدث هذا في أثناء استردادها، فربما حدث حين كانت لا تزال مدفونة. وفي 2001، قال فريق من جامعة تل أبيب: إن الباسيلوس برميانس Bacillus permians مماثلة تقريباً لسلالة من الجراثيم الحديثة، تدعى باسيلوس ماريسمورتوي Bacillus marismortui، اكتشفت في البحر الميت. ولم يختلف إلا اثنان من متتالياتها الجينية بشكل ضئيل فحسب.

كتب الباحثون الإسرائيليون: «هل ينبغي أن نصدق أنه خلال 250 مليون سنة راكمت باسيلوس بيرميانس الكمية نفسها من الفروق الجينية، التي يمكن أن تُنجز بين 3 إلى 7 أيام في المخبر؟» إجابة على ذلك، اقترح فريلاند أن «الجراثيم تتطور بشكل أسرع في المخبر منه في البرية».

من اللافت أن معظم المقررات المدرسية ظلت تقسم العالم الحي إلى فئتين فقط حتى عصر الفضاء: النبات والحيوان. نادراً ما ذُكرت المتعضيات الصغيرة. إن الأميبات والمتعضيات الوحيدة الخلايا عوملت بوصفها حيوانات أوليّة. وعدّت الأشنيات كسلف للنباتات. وصُنّفت الجراثيم عادة مع النباتات دون تمييز، بالرغم من أن الجميع يعرفون أنها لا تنتمي إليها. وفي أواخر القرن التاسع عشر اقترح عالم الطبيعة الألماني إرنست هايكل Ernest Haeckel أن الجراثيم تستحق أن توضع في مملكة مستقلة، سمّاها مونيرا، ولكن الفكرة لم تجذب علماء

البيولوجيا حتى الستينيات، وبعضهم فقط. (إن قاموس أمريكان هيرتج الذي طبع عام 1969 لا يعرّف المصطلح).

إن كثيراً من المتعضيات في العالم المرئي خُدمت أيضاً بشكل سيئ عبر التقسيم التقليدي. فالفُطريات -المجموعة التي تشتمل على الفطور والعفن والعفن الفطري والخمائر وفُقع الذئب(*) - عوملت دوماً كأشياء نباتية، بالرغم من أنه في الواقع لا شيء فيها، فكيف تتكاثر وتتنفّس، وكيف تبني نفسها يطابق عالم النبات. تجمعها -بنيوياً- أمور مشتركة أكبر مع الحيوانات في أنها تبني خلاياها من الكيتين، وهي مادة تمنحها نسيجها المميز. وتُستخدم المادة نفسها لصناعة أصداف الحشرات ومخالب الثدييات، بالرغم من أنها ليست مستساغة في الحُنظُب*(**) كما في فطر بورتبيلو. وقبل كل شيء -وعلى عكس النباتات- إن الفطريات لا تقوم بالتخليق الضوئي، وهكذا ليس فيها كلوروفيل ولهذا ليست خضراء. وبدلاً من ذلك تنمو بشكل مباشر على مصدر غذائها، الذي يمكن أن يكون أي شيء تقريباً. إن الفطريات تأكل الكبريت عن جدار إسمنتي أو المادة المتآكلة بين أصابع قدميك: وهذا ما لا يفعله النبات. إن الصفة النباتية الوحيدة التي تملكها هي امتلاكها للجذور.

هناك مجموعة لا تقبل التصنيف بسهولة هي المجموعة الفريدة من المتعضيات التي تعرف باسم الفطور المخاطية(***). يتعلق الاسم دون شك بكثير من غموضها. وبدت تسمية كهذه ديناميـة قليلاً «بروتوبلازما متنقلة منشطة لذاتها» ولا تشبه المادة التي تجدها حين تصل عميقاً إلى مجرور مسدود، وهي التي جذبت الانتباه الذي تستحقه هذه الكيانات الفائقة للعادة، ذلك أن الفطور المخاطية، هي من بين المتعضيات الأكثر أهمية في الطبيعة. حين تكون الأوقات جيدة توجد كأفراد أحادية الخلايا، كالأميبات. ولكن حين تكون الظروف قاسية، تزحف إلى مكان تجمع مركزي وتصبح يرقانة رخوية بشكل إعجازي. ليست هذه اليرقانة

(*) الفطر النفّاث، ضرب من الفطور يطلق إذا ضغطت عليه أبواغاً يانعة على شكل سحابة من دخان. المترجم.

(**) ضرب من الخنافس لذكوره فكّان طويلان شبيهان بقرني الأيّل. المترجم.

(***) ضرب من الفطر يقع عند الحد الفاصل بين المملكة النباتية والمملكة الحيوانية. المترجم.

شيئاً جميلاً، ولا تذهب بعيداً جداً عادة من قاع كومة من نثار الأوراق الميتة إلى الأعلى، حيث تكون في موقع مكشوف أكثر بقليل، ولكن لملايين الأعوام يمكن أن تكون هذه أروع خدعة في الكون.

لا يتوقف هنا. فبعد أن يرفع نفسه إلى موقع مفضل أكثر، يحوِّل الفطر المخاطي نفسه مرة أخرى، آخذاً شكل نبتة. وبعملية تنظيمية ما غريبة تعاود الخلايا التشكل، كأعضاء فرقة موسيقية صغيرة سائرة كي تصنع عنقاً تتشكل فوقه بصلة تعرف باسم الجسم المثمر. وفي داخل الجسم المثمر هناك ملايين الأبواغ، التي تُطلق في اللحظة الملائمة، إلى الريح كي تندفع بعيداً وتصبح متعضيات أحادية الخلية تستطيع أن تبدأ العملية مرة ثانية.

طوال سنوات، زعم علماء الحيوان أن الفطور المخاطية هي البرزويّات(*). أما علماء الفطريات فقد زعموا أنها من الفطريات، بالرغم من أن معظم الناس يمكن أن يلاحظوا أنها لا تنتمي إلى أي منهما. وحين وصل الفحص الجيني، دُهش الأشخاص الذين يرتدون المعاطف المخبرية من أن الفطور المخاطية كانت مميزة وفريدة، بحيث إنّها لم تكن ترتبط بشكل مباشر بأي شيء آخر في الطبيعة، وأحياناً لا ترتبط ببعضها.

وفي 1969، وفي محاولة لتنظيم الأخطاء المتزايدة للتصنيف، قدّم عالم بيئة من كورنيل يدعى (ر.هـ. ويتاكر) في مجلة ساينس اقتراحاً لتقسيم الحياة إلى خمسة فروع رئيسة الممالك، كما تعرف تدعى الحيوانية، والنباتية، والفطرية، والفرطيسات والمونيرا Monera. كان مصطلح الفرطيسات Protista تعديلاً لمصطلح آخر هو protoctista الذي اقترحه منذ قرن عالم البيولوجيا الأسكتلندي جون هوغ، وكان يهدف إلى وصف أي متعضيات ليست حيواناً ولا نباتاً.

وبالرغم من أن خطة وتياكر الجديدة كانت تحسيناً كبيراً، فإن الفرطيسات بقيت دون تعريف جيد. حفظ بعض علماء التصنيف المصطلح للمتعضيات

(*) ضرب من الفطر يقع عند الحد الفاصل بين المملكة النباتية والمملكة الحيوانية. المترجم.

الوحيدة الخلية الكبيرة المتعضيات ذات النواة الحقيقية، ولكن آخرين نظروا إليه كدرج للبيولوجيا، يضعون فيه أي شيء لا يتلاءم في أي مكان. وشمل (بحسب النص الذي ترجع إليه) الفطور المخاطية، والأميبات، وحتى أعشاب البحر، بين أشياء أخرى كثيرة. كان يحتوي على مئتي ألف نوع مختلف من المتعضيات كلها مذكورة. وكان فيه كثير من الأخطاء.

فيما كان تصنيف ويتاكر المؤلف من خمس ممالك يعثر على طريقه إلى المقررات المدرسية، كان هناك أكاديمي غير مدّعٍ في جامعة إلينيوي يشق طريقه نحو اكتشاف سيتحدى كل شيء. كان اسمه كارل ووس (تتناغم كنيته مع كلمة وردة بالإنكليزية:روز). ومنذ منتصف الستينيات أو منذ أن كان ممكناً فعل ذلك كان يدرس بهدوء المتتاليات الجينية في الجراثيم. وفي الأيام الأولى، كانت هذه عملية مجهدة جداً. فالعمل على جرثومة واحدة يمكن أن يستهلك عاماً. وفي ذلك الوقت، وبحسب ووس، لم يكن معروفاً سوى خمس مئة نوع من الجراثيم، وهذا أقل من عدد الجراثيم الموجودة في فمك. أما اليوم فإن العدد أكبر من هذا بعشر مرات، بالرغم من أن هذا دون الـ 26,900 نوع من الأشنيات والـ 70,000 نوع من الفُطريات، والـ 30,800 نوع من الأميبات والمتعضيات الأخرى ذات الصلة التي تملأ سيرها حوليات البيولوجيا.

ليست عدم المبالاة هي التي تجعل العدد الكلي منخفضاً. يمكن أن تكون الجراثيم صعبة العزل والدراسة بشكل يثير الغضب. لا ينمو إلا نحو 1% منها في الجو الحضاري، أما ما تبقى فقابل للتكيف بشكل وحشي في الطبيعة، وإنها لحقيقة غريبة أن المكان الوحيد الذي تبدو أنها لا ترغب بأن تعيش فيه هو صَحْفة بتري(*). ارمها في طبقة من (الأغرة)(**) وأشبعها كما تشاء، وسيسكن معظمها هناك، رافضاً أي إغراء للتفتح. إن أي جراثيم تزدهر في مخبر هي بالتعريف

(*) صحن زجاجي صغير رقيق ذو غطاء مرن يُستعمل خصوصاً في المختبرات لزراعة البكتيريا. المترجم.

(**) مادة هلامية تُستخلص من بعض الطحالب البحرية تُستخدم في صنع المربيات والعقاقير الطبية ومستحضرات التجميل. المترجم.

استثنائيــة، ومع ذلك، كانت هذه، حصرياً المتعضيـات التي درسها علماء الأحياء المجهرية. كان الأمر -كما قال ووس-: «مثل التعلّم عن الحيوانات من خلال زيارة حدائق الحيوانات».

علـى أي حـال، سمحت الجينـات لووس بـأن يقارب المتعضيـات المجهرية من زاوية مختلفة. وفيما كان يعمل، أدرك أن هناك انقسامات أكثر جوهرية في العالم الميكروبي أكثر مما اشتبه أي شخص. إن كثيراً من المتعضيات الصغيرة التي بدت كالبكتيريا وتصرفت مثلها كانت بالفعل شيئاً آخر تماماً، شيئاً تفرّع عن البكتيريا منذ زمن طويل جداً. دعا ووس هذه المتعضيات البكتيريا القديمة.

يجـب أن نضيـف أن المواصفات التي تميـز الجراثيم القديمة عـن الجراثيم الحاليـة ليست من النوع الـذي سيسرّع نبض أي شخص سوى عـالم البيولوجيا. إنهـا معظمها فـروق في المركبات العضوية وغياب شيء مـا يدعى الببتيدوجليكان peptidoglycan. ولكـن هذا ينطوي عملياً علـى فرق كبير. إن الجراثيم القديمة مختلفة عن البكتيريا أكثر من اختلاف أنا وأنت عن عنكبوت أو سرطان. واكتشف ووس انقساماً جوهرياً للحياة غير قابل للشك، يتوضع فوق مستوى المملكة في أوج شجرة الحياة الكونية، كما تُعرف بشكل تبجيلي.

وفي 1976 فاجأ العالم أو على الأقل القسم القليل منه الذي كان ينتبه إلى الأمر عـبر إعادة رسم شجرة الحياة لإدخال ليس خمسة انقسامات رئيسة، وإنما ثلاثة وعشريـن. صنف هــذه تحت فئات ثـلاث رئيسة الجراثيـم، والجراثيم القديمة، واليوكاريا Eukarya دعاها حقولاً. الترتيب الجديد هو كالآتي:

- البكتيريا: بكتيريا السيانو، والبكتيريا الأرجوانية، والبكتيريا الخضراء غير الكبريتيـة، وبكتيريا الفلافـو flavobacteria، وبكتيريـا الثيرموتوجاليس thermotogales.

- البكتيريـا أو الجراثيـم القديمـة: المتعضيـات القديمـة التـي تألـف الملح، الميثانوسارسينـا methanosarcina، والميثانوباكتريـوم، والميثانوكوكـس

methanococcus، والثيرموسيلـر thermoceler، والثيرموبروتيوس thermoproteus وبايروديكتيوم pyrodictium.

- اليوكاريـا Eukarya: الدبلومـاد diplomads، والميكروسبوريديـا microsporidia، والتريكومونـادز trichomonads، والسوطيّـات(*)، والأميبات الداخلية، الفطور المخاطية، والهدبيّات، والنباتات، والفطريات والحيوانات.

لم تعصـف تقسيمـات ووس الجديدة بعـالم البيولوجيا. رفضـ بعضهم نسقه قائلـين: إنــه منحاز جـداً إلى العـالم الميكروبـي. وتجاهلـه كثيرون. وكمـا قالت فرانسيسـ آشكروفت: «شعر ووس بخيبة أمل مريرة». ولكن خطته الجديدة بدأت تشـد ببطء انتباه علماء الأحيـاء المجهرية. كان علماء النبات والحيوان أكثر بطئاً في فهـم إسهاماتـه. وليس من الصعب معرفة سبب ذلـك. ففي نموذج ووس، نُفي عالمـا النبات والحيوان إلى بضعة أغصـان على الفرع الخارجي لغصن اليوكاريا. أما كل شيء آخر فينتمي إلى الكائنات وحيدة الخلية.

قـال ووس لمحـاور في عـام 1996: «إن هـؤلاء الأشخاص يصنفـون من زاوية التشابهات والفروق اللغوية الواضحة. فقد واجه كثيرون منهم صعوبة في فهم فكرة فعـل هذا من زاوية التواتر الجزيئي». باختصـار، حين لا يقدرون على فهم الفرق بأعينهم، فإنهم لا يحبونـه. وهكذا أصرّوا على تقسيم الممالك الخمس التقليدي، وهـذا ترتيب دعاه ووس «غير مفيد جـداً» في لحظاته الأكثر دماثة و«مضللاً جداً» في كل ما تبقى من الوقت.

قال ووس: «إن البيولوجيا -كالفيزياء قبلها- انتقلت إلى مستوى حيث لا يمكن إدراك الأشياء المهمة وتفاعلاتها عبر الرصد المباشر».

وفي 1998 قـام عالم الحيوان العظيم والمسِّنُ في جامعة هارفارد إرنست ماير (الـذي كان آنـذاك في الرابعـة والتسعين من عمـره وحين بـدأت بتأليف الكتاب

(*) حيوينات وحيدة الخلية.

كان يقترب من المئة ولا يزال قوياً) بإثارة الموضوع أكثر حين أعلن أنه يجب أن يكون هناك تقسيمان للحياة فحسب وسمّاهما إمبراطوريتين. وفي بحث نُشر في محاضر الأكاديمية الوطنية للعلوم، قال ماير: إن اكتشافات ووس مهمة ولكنها مضللة بشكل كامل، مضيفاً أن «ووس لم يكن مدرباً باعتباره عالم بيولوجيا في مبادئ التصنيف»، وهذا قريب من قول عالم متميز عن آخر: إنه لا يعرف ما يتحدث عنه.

إن مواصفات انتقادات ماير تقنية جداً فهي تشتمل على مسائل الانقسام المنصِّف (الاختزالي) الجنسي، وتأويلات مثيرة للجدل لجينوم ميثانوبكتريوم ثيرموأتروفيكوم Methanobacterium thermoautrophicum، بين أمور أخرى كثيرة إلا أن جوهر ما يقوله هو: إن ترتيب ووس يخل بتوازن شجرة الحياة. يتألف حقل البكتيريا، كما يقول ماير، ليس أكثر من بضعة آلاف من الأنواع، بينما الجراثيم القديمة تحتوي على 175 عيّنة مسماة، وربما هناك بضعة آلاف أخرى يمكن أن تُكتشف، «ولكن ليس أكثر من هذا». بالمقابل، إن اليوكاريا أي المتعضيات المعقدة التي تحتوي على خلايا بنواة، مثلنا يصل عددها إلى ملايين الأنواع. ومن أجل «مبدأ التوازن»، يدعو ماير إلى مزج المتعضيات البكتيرية البسيطة في فئة واحدة، هي بروكاريوتا Prokaryota، بينما يجب وضع الأكثر تعقيداً «والمتطورة أكثر» في إمبراطورية اليوكاريوتا Eukaryota، التي يجب أن تقف إلى جانبها كنِد. بتعبير آخر، يدعو إلى إبقاء الأشياء كما كانت من قبل. فهذا التقسيم بين الخلايا البسيطة والخلايا المعقدة «حدث لحظة الانفجار العظيم في العالم الحي».

إذا كان ترتيب ووس الجديد يعلّمنا أي شيء فهو أن الحياة هي في الواقع متنوّعة وأن معظم ذلك التنوع قليل، ووحيد الخلية، وغير مألوف. وإنه لدافع إنساني طبيعي أن نفكر بالتطور كسلسلة طويلة من التحسينات، بتقدم لا ينتهي أبداً نحو الضخامة والتعقيد: باختصار، نحونا. يجب أن نطري أنفسنا. إن معظم التنوع الحقيقي كان محدوداً. فنحن الأشياء الضخمة مجرد شِعْب؛ فرع جانبي مهم. ومن التقسيمات الثلاثة والعشرين للحياة، هناك فقط ثلاثةٌ: النبات، والحيوان

والفطريات، كبيرة بما يكفي كي تراها العين البشرية، وهي تشتمل حتى على أنواع مجهرية. وبحسب ووس، إذا جمعنا الكتلة الأحيائية للكوكب كل ما هو حي بما فيه النبات، فإن الميكروبات ستشكل 80% من كل ما هو موجود، وربما أكثر. إن العالم ينتمي إلى ما هو متناهي الصغر وقد فعل هذا لوقت طويل جداً.

* * *

من المحتم أن تسألوا في نقطة ما من حياتكم: لماذا تريد الميكروبات أن تؤذينا دوماً؟ ما الذي يشبع الميكروب في جعلنا نُصاب بالحمى أو بالقشعريرة، أو بأن تشوهنا الندوب، أو نموت؟ إن مضيفاً ميتاً -في النهاية- بالكاد سيقدم مضافة على المدى الطويل.

من الجدير بالذكر أن معظم المتعضيات الميكروبية حيادية أو مفيدة لرفاه البشر. إن أكثر متعضٍ على الأرض نشراً للعدوى هو بكتيريا تدعى الولباشيا Wolbachia وهي لا تؤذي البشر مطلقاً أو أي حيوان من الفقاريات، ولكن إذا كنت قريدساً أو دودة أو ذبابة فاكهة فإنها تستطيع أن تجعلك تتمنى لو أنك لم تولد. إن ميكروباً واحداً من بين ألف هو ممرض للبشر، بحسب مجلة ناشيونال جيوغرافيك، وإذا عرفنا ما يمكن أن يفعله بعضها، يمكن أن نسامح على التفكير في أن هذا كافٍ. حتى لو كانت كلها حميدة، فإن الميكروبات هي القاتل رقم ثلاثة في العالم الغربي، وكثير منها الذي لا يقتلنا يجعلنا نأسف على وجودها بشكل عميق.

إن جعل المضيف مريضاً له فوائد معيّنة للميكروب. فأعراض المرض تساعد غالباً على نشره. إن التقيؤ والعطس والإسهال هي أساليب ممتازة للخروج من مضيف إلى موقع للانتقال إلى آخر. والإستراتيجية الأكثر فاعلية هي تسجيل مساعدة طرف ثالث متنقل. إن المتعضيات المعدية تحب البعوض؛ لأن لسعة البعوضة تنقلها مباشرة إلى مجرى الدم، حيث تستطيع الوصول مباشرة إلى العمل قبل أن تستطيع آليات الدفاع لدى الضحية معرفة ما الذي أصابها. لهذا السبب إن كثيراً من أمراض الدرجة آ كالملاريا والحمى الصفراوية وحمى الضّنك والتهاب الدماغ ومئة، أو ما يقارب ذلك من أقل الأمراض احتفاء، لكن المفترسة

تبـدأ بلسعة بعوضة. وإنه لحظ جيد لنا أن فيروسـ (HIV) (الإيدز) ليس بينها، علـى الأقل حتى الآن. إن أي فيروس (HIV) تمتصـه البعوضة في تنقلاتها ينحل عـبر عملية الاستقلاب في البعوضـة. وحين يأتي اليوم الذي يحـوّل فيه الفيروس طريقه خارج هذا، فإننا سنواجه مشكلة كبيرة.

مـن الخطأ على أي حـال أن نفكر في المسألة بعناية شديـدة من موقع المنطق؛ لأن المتعضيـات المجهريـة ليست كما هو واضح كيانات حسابيـة. فهي لا يهمها ما تفعله بك مثلما لا تأبه بها حين تقتل الملايين منها حين تستحم بالصابون أو برشة مـن مزيل التعـرق. إن المرة الوحيدة التي تكـون فيها السعـادة مهمة لمرض هي حـين يقتلك جيـداً. إذا قتلتك الجرثومة قبل أن تنتقـل، فإنها يمكن أن تموت هي أيضـاً. يقول جاريـد دياموند: «إن التاريخ يعج بالأمراضـ «التي سببت مرة أوبئة مرعبـة ثم اختفت بشكل غامض كما جاءت». ذكـر مرض التعرق الإنكليزي الذي كان عابـراً بشـكل رحيم، الذي استمر من 1485 إلـى 1552 وقتل عشرات الآلاف قبل أن يستنفد نفسه. إن كثيراً من الفاعلية ليس شيئاً جيداً لأي متعضٍ مُعْدٍ.

تنشـأ كمية كبـيرة من المرض ليس بسبب ما يفعله المتعضي بك وإنما بسبب ما يحاول جسمك أن يفعله للمتعضي. ففي محاولته لتخليص الجسم من الممرضات، يدمر الجهاز المناعي أحياناً الخلايا أو يؤذي أنسجة مهمة، وهكذا غالباً حين تكون مريضاً فـإن ما تشعر به ليس المُمْرِضات وإنما استجاباتك المناعية الخاصة. على أي حـال، إن المرض هو استجابة حسية للعدوى. يأوي المرضى إلى الفراش وهكذا فإن تهديدهم للجماعة يقل.

ولأن هنـاك كثيراً مـن الأمور في الخارج من المحتمـل أن تلحق بك الأذى، فإن جسمـك يحمل كثيراً من الأنـواع المختلفة من كريات الدم البيضاء الدفاعية، نحو عشـرة ملايين نوع منها، وكل منها مصمم لتحديـد وتدمير نوع معين من الغزاة. وسيكـون من غير الفاعل الاحتفاظ بعشـرة ملايين من الجيوش الجاهزة، وهكذا فإن كل نوع من كريات الدم البيضاء يحتفظ ببعض الكشافة لأداء واجبهم.

حين يغزو وسيط معدٍ يدعى بـ «مولِّد المضاد» تحدد الكشافة ذات الصلة المهاجم وتستدعـي تعزيـزات من النمط الصحيح. وبينما يصنّـع جسمكم هذه القوى، من المحتمل أن تشعروا بالبؤس. وتبدأ الصحة بالعودة حين تبدأ القوات بالعمل.

لا تعـرف الكريات البيض الرحمة وستصطاد وتقتل أي عامل ممرض تستطيع العثور عليه. لكن المهاجمين طوّروا إستراتيجيتين جوهريتين لتجنب الانقراض. إما أن يضربوا بسرعة وينتقلوا إلى مضيف ثانٍ، كما في الأمراض المعدية كالأنفلونزا، وإمـا أن يتنكّـروا بحيث تفشـل الكريات البيضـ في تحديدهم، كما هـو الأمر مع فيروسـ (HIV)، المسؤول عن نشر الإيدز، الـذي يستطيع أن يجلس دون أن يؤذي أو يُرى في نواة الخلايا لسنوات قبل أن يخرج إلى العمل.

إن أحـد أكـثر المظاهـر غرابة للعدوى هـو أن الميكروبات التي لا تـؤذي مطلقاً تدخـل أحياناً في الأجـزاء الخاطئة من الجسـم «وتصبح مجنونة نوعـاً ما»، كما عـبّر الطبيب برايان مارش، وهو متخصّص في الأمراض المعدية في المركز الطبي دارتمـاوث هتشكوك في لبانون، نيو مهمبشير. «هذا يحدث طول الوقت في حوادث السيـارات حـين يعاني الناس مـن إصابات داخلية. إن الميكروبـات التي هي عادة حميـدة في الأحشاء تدخل في أجـزاء أخرى من الجسم مجرى الدم، مثلاً وتسبب خراباً مروعاً».

إن الاضطـراب البكتـيري الأكثر إخافـة وفلتاناً من السيطـرة الآن هو مرض يُدعـى necrotizing fasciitis الـذي تأكل الجراثيم فيـه الكائن من الداخل نحو الخـارج، ملتهمة النسيـج الداخلي تاركة خلفهـا فضالة لبيّة مزعجـة. وغالباً ما يأتي المرضى بسبب شكاوى خفيفة كحساسية جلدية وحمى ولكن صحتهم تتدهور بنحـو مروع، حين يُفحصـون يتبيّن أنهم قـد استُهلكوا. إن العـلاج الوحيد يعرف باسـم «الجراحة الاستئصالية الجذرية»،أي بترُ كل المنطقة المصابة. يموت 70% مـن الضحايا؛ ويبقـى كثيرون مشوهين بشكل مروع. إن مصـدر العدوى هو عائلة دنيويـة من الجراثيم تدعى المجموعة 1 العقديّة، التي لا تفعل أي شيء عادة سوى

أنها تسبب مرضاً في الحنجرة. وفي أحيان كثيرة، ولأسباب مجهولة، تنتقل هذه الجراثيم من بطانة الحنجرة إلى الجسم محدثة الدمار الأكبر. وهي مقاومة بشكل كامل للمضادات الحيوية. تحدث نحو ألف إصابة سنوياً في الولايات المتحدة ولا أحد يستطيع القول: إن الأمر لن يسوء أكثر.

يحدث الأمر نفسه في التهاب السحايا. إن 10% من الشبان البالغين، وربما 30% من المراهقين، يحملون جرثومة التهاب السحايا القاتلة، ولكنها تحيا دون أن تسبب أذى في الحنجرة. وفي بعض الأحيان لدى شاب من بين كل مئة ألف تدخل في مجرى الدم وتجعل المصاب مريضاً جداً. وفي أسوأ الحالات، يمكن أن تحدث الوفاة خلال 12 ساعة. وهذا سريع وصاعق. قال مارش معبراً عن الأمر: «يمكن أن تشاهدوا شخصاً في صحة تامة في أثناء تناول الإفطار، وميتاً في المساء».

لو لم نكن مهملين لسلاحنا ضد البكتيريا أي المضادات الحيوية لقضينا عليها. ومن اللافت -وفق أحد التقديرات- أن 70% من المضادات الحيوية المستخدمة في العالم النامي تُمنح لحيوانات المزرعة، وتُستخدم في بعض الأحيان بشكل روتيني لتغذية الماشية، لتعزيز نموّها أو لحمايتها من العدوى. إن استخدامات كهذه تمنح البكتيريا الفرص جميعها كي تطور مقاومة ضدها. وهي فرصة استغلتها الجراثيم بحماس.

كان البنسلين في 1952 فاعلاً جداً ضد سلالات من بكتيريا المكوّر العنقودي إلى درجة أنه في أوائل الستينيات شعر كبير الأطباء في أمريكة وليام ستيوارت بالثقة بما يكفي كي يصرح: «جاء الوقت لطي صفحة الأمراض المعدية. قضينا على الأمراض المعدية في الولايات المتحدة». وحين قال هذا كان 90% من هذه السلالات يطور المناعة ضد البنسلين. وفي الحال، بدأت إحدى هذه السلالات الجديدة، التي تدعى باسم المكورة العنقودية أوريوس المقاومة للميثيسلين methicillin-resistant staphylococcus aureus تظهر في المستشفيات. كان هناك نوع واحد من المضادات الحيوية يدعى الفانومايسين ظل فاعلاً ضدها،

ولكـن في 1997 أُبلغ في مستشفى في طوكيو عن ظهور سلالة تستطيع مقاومة حتى هـذا المضاد الحيوي. وفي شهـور انتشرت في ست مستشفيـات يابانية أخرى. وفي كل مـكان، بدأت الميكروبات تربح الحرب من جديـد: ففي المستشفيات الأميركية وحدهـا يمـوت 14 ألف شخصـ سنوياً مـن عـدوى يلتقطونها هنـاك. وكما قال جيمسـ سوروويكي في مقال نشر في النيويوركر: حين يكون هنـاك خيار بين تطوير المضـادات الحيوية التي يتناولهـا النـاس كل يوم مدة أسبوعـين ومضادات الكآبة التي يتناولها النـاس كل يوم إلى الأبد، ليس من المفاجئ أن تختار شركات العقاقير الأخيرة. وبالرغم من أنه تم تقوية بعض المضادات الحيوية قليلاً، فإنه لم تقدم لنا الصناعة الدوائية مضاداً حيوياً جديداً منذ السبعينيات.

إن إهمالنـا مرعب، كما يظهر اكتشاف أن كثيراً مـن الأمراض الأخرى يمكن أن تكـون بكتيريـة الأصل. بـدأت عملية الكشف في عام 1983 حـين اكتشف باري مارشـال وهـو طبيب في بيرث، غـرب أستراليـة، أن كثيراً مـن سرطانات المعدة ومعظـم قرحاتهـا سببهـا بكتيريا تدعـى هيليكوباكـتر بايلـوري Helicobacter Pylori. وبالرغم من أن اكتشافه اختبر بسهولة، كانت النظرية جذرية بحيث إنّه مر أكثر من عقد قبل أن تُقبل لدى الجميع. إن مؤسسة الصحة القومية الأميركية، مثلاً لم تناصر الفكرة رسمياً حتى عام 1994. وقال مارشال لصحفي من فوربيس في عام 1999: «يموت مئات بل آلاف النـاس من قرحات يجب ألا يموتوا منها».

منـذ ذلك الوقـت، أظهر المزيد من البحث أنه يوجـد أو يمكن أن يوجد مركّب بكتـيري في كل أنواع الأمراضـ الأخرى كأمراض القلب والربـو والتهاب المفاصل والتصلّـب المضاعـف(*) وأنماط متعددة مـن الاضطرابات الذهنيـة، وكثير من السرطانات، بالإضافة إلى السمنة كما قالت مجلة ساينس. ولن يطول الوقت حتى نصبح في أمس الحاجة إلى مضاد حيوي فاعل وليس لدينا واحد نعتمد عليه.

(*) حالة مرضية تصيب الجهاز العصبي المركزي، محدثة تصلباً في أنسجة الدماغ، أو في أنسجة الحبل الشوكي أو في أنسجتهما كليهما. المترجم.

يمكن أن تريحنــا قليلاً معرفة أن البكتيريا نفسها تمرض. فهي تصاب أحياناً بالجراثيــم المدمــرة، وهــي نوع مــن الفيروســات. إن الفيروس كيــان غريب غير محبــب، فهــو «قطعة من الحمضـ النووي محاطــة بأخبار سيئة» كمــا عبر بشكل لا يُنسـى بيــتر ميداور الحاصل علـى جائزة نوبل. إن الفيروســات التي هي أصغر وأبســط مــن البكتيريا ليست حية في ذاتهــا. فحين تعزل تكون مهمــدة ولا تؤذي. ولكن أدخلها إلى مضيف ملائم وستضجّ بالحياة. هناك نحو خمسة آلاف نوع من الفيروسات المعروفة، وهــي تصيبنا بمئات الأمراض، التي تتسلسل من الأنفلونزة والرشــح العــادي إلى تلك التي هي أكــثر أذى لسعادة الإنسان: الجــدري، الكَلَب، الحمى الصفراء، إيبولا، الشلل والإيدز.

تزدهر الفيروسات عن طريق اختطاف المادة الجينية لخلية حية، واستخدامها لإنتــاج المزيد من الفيروسات. إنها تتكاثر بطريقة عدوانيّة ثم تندفع إلى الخارج؛ بحثــاً عن مزيد مــن الخلايا كي تغزوها. وبمــا أنها ليست متعضيــات حية، فإنها تستطيــع أن تبقــى بسيطة جداً. إن كثيراً منها - بما فيــه (HIV) - يمتلك عشرة جينــات أو أقــل، بينما أبسط بكتيريــا تتطلب آلافاً عدة. وهي صغــيرة جداً أيضاً، بحيــث لا يمكن أن ترى بمجهر تقليــدي. ولم يستطع العلم أن يراها لأول مرة حتى عــام 1943 بعد اختراع مجهر الإلكترون. ولكنهــا تستطيع أن تسبب ضرراً كبيراً. لقد قتل الجدري في القرن العشرين وحده ما يقدر بثلاث مئة مليون شخص.

تمتلــك الفيروســات أيضاً قدرة مثــيرة للأعصاب على مهاجمــة العالم بشكل جديــد مباغــت، ثم الاختفــاء بسرعة كما جــاءت. ففي 1916، أصيــب الناس في أوروبــة وأمريكــة بمرض غريــب يسبب النعــاس، أصبــح معروفاً باســم السبات الالتهابــي الدماغــي encephalitis lethargica. كان الضحايا يذهبون إلى النوم ولا يستيقظون. كان يمكــن إيقاظهم بصعوبة كبيرة لتناول الطعام أو الذهاب إلى المرحاضــ، ويجيبــون على الأسئلة بوعــي يعرفون من هم وأين كانــوا بالرغم من أن تصرفهــم فاتــر دوماً. عن أي حال، في اللحظة التــي يسمح لهم فيها بالراحة،

يدخلون على الفور في أعمق سبات ويبقون في هذه الحالة طالما هم متروكون فيها. تتواصل هذه الحالة لدى بعضهم شهوراً قبل الموت. إن قلة محدودة بقيت على قيد الحياة واستعادت وعيها ولكنها فقدت حيويتها السابقة. وجِدوا في حالة من الفتور الشديد، «كبراكين مطفأة» كما قال أحد الأطباء. وفي عشر سنوات قتل المرض خمسة ملايين شخص ثم تلاشى بهدوء. لم يحظَ بانتباه طويل مستمر؛ لأنه في غضون ذلك انتشر في أنحاء العالم وباء أشد فتكاً وهو الأسوأ في التاريخ. دعي أحياناً إنفلونزة الخنزير الكبير وأحياناً وباء الأنفلونزة الإسباني الكبير ولكنه كان في كلتا الحالتين وحشياً. قتلت الحرب العالمية الأولى 21 مليون شخص في أربع سنوات؛ إلا أن أنفلونزة الخنزير فعلت الأمر نفسه في الأشهر الأربعة الأولى من انتشارها. إن 80% من الضحايا الأميركيين في الحرب العالمية الأولى لم يسقطوا بنار الأعداء وإنما من الأنفلونزة. وكانت نسبة الوفيات في بعض الوحدات 80%.

نشأت أنفلونزة الخنزير كأنفلونزة عادية غير مهلكة في ربيع 1918، ولكن نوعاً ما، في الأشهر اللاحقة لا أحد يعرف لماذا وكيف وأين تحولت إلى شيء أكثر حدّة. لم يعانِ إلا خُمس الضحايا من أعراض خفيفة، ولكن الآخرين مرضوا بشكل خطر ومات كثيرون. استسلم بعضهم في ساعات؛ وصمد آخرون بضعة أيام.

سجلت الوفيات الأولى في الولايات المتحدة بين البحارة في بوسطن في أواخر آب 1918، ولكن الوباء انتشر بسرعة في أنحاء البلاد كلها. أُغلقت المدارس، وأُغلقت أماكن التسلية العامة، وارتدى الناس الأقنعة في كل مكان. لكن هذا لم يفعل سوى القليل. فبين خريف 1918 وربيع العام الثاني مات في أمريكة من الأنفلونزة 548,452. أما عدد الوفيات في بريطانية فقد وصل إلى 220,000 وبأعداد مشابهة في فرنسة وألمانية. لا أحد يعرف عدد الوفيات في العالم كله - بما أن السجلات في العالم الثالث فقيرة في غالب الأحيان - ولكنه لم يكن أقل من عشرين مليوناً وربما خمسين مليوناً. وقالت بعض التقديرات: إن العدد العالمي الكلي هو مئة مليون.

وفي محاولة لاختراع لقاح أجرت السلطات الطبية تجارب على متطوعين في سجن عسكري في جزيرة دير في بوسطن هاربر. وُعد السجناء بإطلاق سراحهم إذا بقوا على قيد الحياة. كانت الاختبارات صارمة جداً. أولاً، كان الخاضعون للاختبار يُحقنون بنسيج رئوي مصاب يؤخذ من الموتى، ثم يرشون على أعينهم وأنفوهم وأفواههم بذيرات معدية. إذا لم تنتقل العدوى إليهم كانت حناجرهم تملأ بعينات مأخوذة مباشرة من المرضى والموتى. إذا خاب كل شيء يطلب منهم أن يجلسوا فاغري الأفواه، بينما كان يجلس مريض ويسعل في وجوههم.

اختار الأطباء للاختبارات 62 من بين 300 متطوع، وكان من المفاجئ أنه لم يصب أحد منهم بالأنفلونزة. كان الشخص الوحيد الذي مرض هو طبيب الجناح، الذي مات بسرعة. إن الشرح المرجح لهذا هو أن الوباء مر عبر السجن قبل بضعة أسابيع، وطوّر كل من نجا من تلك الزيارة من المتطوعين مناعة طبيعية.

لا يزال الكثير عن وباء الأنفلونزة في عام 1918 مفهوماً بشكل سيئ أو غير مفهوم مطلقاً. وكان أحد الألغاز هو كيف انتشر فجأة في أمكنة تفصل بينها محيطات وسلاسل جبلية وعوائق أرضية أخرى. وبما أن الفيروس لا يستطيع أن يعيش أكثر من بضع ساعات خارج جسد المضيف، فكيف استطاع إذاً الظهور في مدريد وبومباي وفيلادلفيا في الأسبوع نفسه؟

إن الإجابة المرجحة هي أنه احتُضن وانتشر عن طريق أشخاص كانت لديهم أعراض خفيفة أو لم يكن لديهم على الإطلاق. وكان احتكاكهم مع البشر السبب الأكبر للمرض.

يشرح هذا الانتشار الواسع في عام 1918، ولكنه لا يشرح كيف استطاع الوباء الكمون لعدة أشهر قبل أن يندفع انفجارياً في الوقت نفسه تقريباً وفي الأمكنة جميعها. وكان الأمر الأكثر غموضاً هو أنه كان أكثر تدميراً للناس في أوج الحياة. إن الإنفلونزة هي عادة أقسى على الأطفال والعجائز، ولكن في 1918 كانت

الوفيات أكثر انتشاراً بين أشخاص في العشرينيات والثلاثينيات. من المحتمل أن الكبار استفادوا من المقاومة التي اكتسبوها من تعرضهم المبكر للسلالة نفسها، ولكن لماذا استهدف الوباء الشبان بشكل مفاجئ ومجهول؟ إن اللغز الأكبر هو لماذا كانت أنفلونزة عام 1918 مهلكة بشكل وحشي فيما أن معظم أنواع الأنفلونزة غير مهلكة. لا نزال نجهل ذلك.

تعود سلالات معينة من الفيروسات بين وقت وآخر. إن فيروساً روسياً مكروهاً يعرف باسم H1N1 انتشر في مناطق واسعة في 1933، ثم انتشر مرة ثانية في الخمسينيات، ومرة أخرى في السبعينيات. لا يعرف أحد أين اختفى آنذاك أو في كل مرة. ثمة رأي يقول: إن الفيروسات تختبئ في مجموعات الحيوانات البرية قبل أن تجرب الانتقال إلى جيل جديد من البشر. لا أحد يستطيع استبعاد احتمال انتشار أنفلونزة الخنزير الكبير مرة ثانية.

وإذا لم تنتشر هذه الفيروسات، فإن فيروسات أخرى يمكن أن تفعل ذلك. ذلك أن فيروسات جديدة ومخيفة تظهر طوال الوقت. الإيبولا، وحمى لاسا وماربورغ، كلها تنتعش وتموت مرة ثانية، ولكن لا أحد يستطيع أن يقول: إنها لا تقوم بتحوّل هادئ في مكان ما، أو تنتظر الفرصة المواتية كي تنتشر بطريقة كارثية. من الواضح الآن أن الإيدز كان بيننا أطول مما اشتبه أي شخص. فقد اكتشف الباحثون في مشفى مانشستر رويال أن بحاراً توفي من علل غامضة غير قابلة للعلاج في 1959 كان مصاباً في الواقع بالإيدز. مع ذلك -ولأيٍّ من الأسباب- بقي المرض مهمداً مدة عشرين سنة أخرى.

كانت المعجزة هي أن أمراضاً أخرى كهذه لم تتفشّ. فحمّى لاسا التي لم تكتشف لأول مرة حتى عام 1969، في غرب إفريقية، معدية جداً ومفهومة قليلاً. وفي 1969 كان هناك طبيب في مختبر في جامعة ييل في نيو هيفن، كونيكتيكت، يدرس حمى لاسا وأصيب بها. نجا منها، ولكن الأمر الذي سبب ذعراً أكبر، هو أن تقنياً في مختبر في الجوار، بعيد عن مجال العدوى المباشر، أصيب بالمرض أيضاً ومات.

ومن حسن الحظ أن الانتشار توقف هنا، ولكن لا نستطيع الاعتماد على كوننا محظوظين دوماً. إن أنماط حياتنا تدعو الأوبئة. فالسفر جواً يجعل من الممكن نشر وكلاء مسببين للمرض عبر الكوكب بسهولة مذهلة. إن فيروس إيبولا يمكن أن يبدأ اليوم في بينين وينتهي في نيويورك أو هامبورغ أو نيروبي أو في المدن الثلاث. هذا يعني أن السلطات الطبية تحتاج باستمرار إلى التعرف على كل مرض يوجد في أي مكان، ولكنها بالطبع لا تفعل ذلك. ففي 1990 أصيب نيجيري يعيش في شيكاغو بحمى لاسا لدى زيارة إلى وطنه، ولكن الأعراض لم تظهر إلى أن عاد إلى الولايات المتحدة. توفي في مستشفى شيكاغو دون تشخيص، ودون أن يتخذ أي شخص أي احتياطات في معالجته، دون أن يدرك الأطباء أنه مصاب بأحد أكثر الأمراض تفشياً وفتكاً على الكوكب. ولحسن الحظ لم يصب أي شخص آخر. ربما لا نكون محظوظين هكذا في المرة الآتية.

وبعد هذا التنبيه المفيد، حان الوقت كي نعود إلى عالم الذين يعيشون بشكل مرئي.



الفصل العشرون

الحياة تستمر

ليس مـن السهل أن تصبح أحفوراً. إن مصير جميـع المتعضيات الحية تقريباً أكـثر من 99.9% منها هـو العدم. حين تنطفئ شراراتك، فـإن كل جزيء تمتلكه سيُلتهـم أو يصوّل؛ كي يُستخـدم في نظام آخر. هذا ما يحدث فحسب. ولو وصلت إلى البركة الصغيرة للمتعضيات، التي لا تُلتهم والتي هي أقل من 0.1، فإن فرص تحوّلك إلى مستحاث قليلة جداً.

مـن أجل أن تُصبح أحفوراً، يجب أن تحصل عـدة أشياء. أولاً، يجب أن تموت في المـكان المناسـب. إن نحو 15% من الصخور فحسـب تستطيع حفظ الأحافير، وهكـذا ليسـ من الجيد أن نفقد الوعي في موقع مستقبلـي من الغرانيت. يجب أن يُدفـن الميـت عملياً في رسابة، حيث يمكـن أن يترك أثراً، كورقـة في الطين، أو أن يتحلل دون التعرض للأوكسجين، سامحاً بأن يحل مكان جزيئات عظامه (وأحياناً جـداً الأشياء الناعمة) معادن منحلة، خالقاً نسخة متحجّرة من الأصل. ثم، وبما أن الرسابـة التي يكمن فيهـا الأحفور مضغوطة بإهمال ومطوية ومدفوعة من قبل عمليـات الأرضـ، فإن الأحفور يجب أن يحافظ على شـكل قابل للتحديد نوعاً ما. أخيراً -ولكن قبل كل شيء- بعد عشرات الملايين أو ربما مئات الملايين من السنين من الاختباء يجب أن يعثر عليه ويتم التعرف عليه كشيء يستحق الحفظ.

يُعتقـد أن عظماً واحـداً فحسب من بين بليون يصبح أحفـوراً. وإذا كان الأمر هكـذا، فهـذا يعني أن الـتراث الأحفوري للأميركيـين الأحياء جميعـاً اليوم 270 مليـون شخصـ، وكل منهم له 206 عظـام سيكون فقط نحو خمسـين عظماً، أي ربـع هيكل عظمي كامـل. لا يعني هذا القول: إن أياً من هـذه العظام يمكن العثور عليـه فعـلاً. إذا وضعنا في أذهاننا أنها يمكن أن تُدفـن في أي مكان داخل منطقة مساحتهـا أكبر بقليل من 9.3 ملايين متر مربّع، فإن قليلاً منها سيكتشف، والأقل سيفحصـ، وسيكون الأمـر معجزة إذا حصل هذا. إن الأحافـير نادرة ومتلاشية

بكل ما في الكلمة من معنى. إن معظم ما عاش على الأرض لم يترك خلفه سجلاً على الإطلاق. وهذه نسبة متناهية الصغر بنحو مذهل. على أي حال، إذا قبلتم التقدير الشائع بأن الأرض أنتجت ثلاثين بليون نوع من المخلوقات في زمنها، ومقولة رتشارد ليكي وروجر لوين (في الانقراض السادس): إن هناك 250,000 نوع من الكائنات في سجل الأحافير، فإن هذا يخفض النسبة إلى واحد فقط في كل 120,000. على أي حال، إن ما نملكه هو العينة الأقل من كل الحياة التي احتضنتها الأرض.

فضلاً عن ذلك، إن السجل الذي لدينا محرّف. فمعظم الحيوانات البرية لا تموت في مواد رسابية. تُدفن أو تؤكل أو تترك كي تتعفّن أو تتلاشى. ومن ثمّ، فإن سجل الأحافير منحاز بشكل سخيف إلى مخلوقات البحر. إن نحو 95% من جميع الأحافير التي نملكها هي لحيوانات عاشت مرة تحت الماء، ومعظمها في بحار قليلة العمق.

أذكر كل هذا؛ كي أشرح لماذا في يوم رمادي في شباط ذهبت إلى متحف التاريخ الطبيعي في لندن، كي أقابل عالم إحاثة مبتهجاً، متغضّناً بشكل يوحي بالغموض، ومحبوباً جداً يدعى رتشارد فورتي.

يعرف فورتي أموراً كثيرة جداً وكريهة. إنه مؤلف كتاب ساخر ورائع عنوانه الحياة: سيرة غير مرخّصة، يغطي كل مهرجان الخلق الحي. ولكن حبه الأول هو نوع من الكائنات البحرية يدعى المفصليات (ثلاثي الفصوص)، التي تزاوجت مرةً في بحار العصر الأردفيشي، ولكنها لم تعش مدة طويلة سوى في شكل أحافير. يتألف جسم المفصليات من ثلاثة أجزاء أو فصوص: الرأس، والذيل والصدر، ومن هنا أتى الاسم. عثر فورتي على أولها حين كان فتى يتسلق فوق الصخور في خليج سينت ديفد في ويلز. كان متشبثاً بالحياة.

أخذني إلى صالة من الخزن المعدنية الطويلة. كان كل منها مليئاً بالأدراج قليلة العمق، وكان كل درج مليئاً بالمفصليات المتحجّرة: كان عددها عشرين ألف عينة.

قال: «إنه يبدو عدداً كبيراً ولكن عليك أن تتذكر أن ملايين فوق ملايين من المفصليات عاشت ملايين فوق ملايين من الأعوام في البحار القديمة، وهكذا فإن عشرين ألفاً ليس رقماً كبيراً. إن معظمها عيّنات جزئية فقط. إن العثور على أحفور مفصلي كامل سيشكل حدثاً كبيراً لعالم إحاثة».

ظهرت المفصليات ثلاثية الفصوص في البداية بشكل كامل، على ما يبدو من لامكان منذ نحو 450 مليون سنة، قرب بداية الانبعاث الكبير للحياة المعقدة المعروفة بشكل واسع باسم الانفجار الكمبري، ثم تلاشت، مع كمية كبيرة أخرى، في الانقراض البرمي في العصر السابع والأخير من الدهر القديم الكبير والذي ما يزال غامضاً بعد ثلاثة ملايين قرن. وكما هو الأمر بالنسبة للكائنات المنقرضة، ثمة إغراء طبيعي لاعتبارها كائنات خائبة، ولكنها كانت في الواقع من بين أكثر الحيوانات الأكثر نجاحاً التي سبق وعاشت. سادت 300 مليون سنة، أكثر من مدة الديناصورات بمرتين، التي كانت بين حيوانات التاريخ العظيمة التي نجت. ويشير فورتي إلى أن بقاء البشر على قيد الحياة حتى الآن لا يعادل إلا نصف 1% من مدة بقاء تلك الحيوانات.

انتشرت المفصليات بشكل واسع بسبب امتلاكها لكثير من الوقت. بقي معظمها صغيراً، بحجم الخنافس الحديثة، ولكن بعضها صار بحجم أسطوانة فونوغرافية. وشكلت خمسة آلاف جنس وستين ألف نوع على الأقل، بالرغم من أن المزيد ظهر طول الوقت. كان فورتي أخيراً في مؤتمر في جنوب أمريكة وقد اقتربت منه أكاديمية من جامعة إقليمية صغيرة في الأرجنتين. «كان لديها علبة ملأى بالأشياء المثيرة، وبينها المفصليات التي لم ترَ أبداً من قبل في أمريكة الجنوبية، أو في أي مكان، وأشياء أخرى كثيرة أيضاً. لم تملك تسهيلات بحث كي تدرسها ولا تمويلاً كي تبحث عن المزيد. إن أجزاء ضخمة من العالم لم تُستقصَ بعد».

«هل تعني المفصليات؟».

«كلا، أعني كل شيء».

كانت المفصليات، في أثناء القرن التاسع عشر، الأشكال الوحيدة المعروفة للحياة المبكرة المعقدة، ولهذا السبب جمعت ودُرست بمواظبة. كان اللغز الكبير الذي يحيط بها هو ظهورها المفاجئ. حتى الآن، كما يقول فورتي، يمكن أن يكون مدهشاً الذهاب إلى تشكيلات الصخور الصحيحة، وأن تشق طريقك إلى الأعلى عبر الدهور، دون أن ترى حياة مرئية مطلقاً، ثم فجأة تعثر على بروفالوتاسبيس Profallotaspis كاملة أو على إلينيلوس Elenellus كبير كسرطان. كان هناك مخلوقات بأعضاء، وخياشيم، وأجهزة عصبية، وهوائيات سابرة، تُعد «دماغاً من نوع ما»، كما قال فورتي، وأغرب ما رأته الأعين. إنها مصنوعة من عصيّات من كربونات الكالسيوم المتبلّرة؛ المادة نفسها التي تصنع حجر الكلس، وشكلت أجهزة الإبصار الأولى المعروفة. فضلاً عن ذلك، إن المفصليات الأولى لم تتألف من نوع واحد مغامر فحسب وإنما من العشرات، ولم تظهر في موقع واحد أو اثنين وإنما في كل مكان. إن كثيراً من الناس المفكرين في القرن التاسع عشر نظروا إلى هذا كبرهان على عمل الله ودحض لمثُل داروين النشوئية. إذا التطور تم ببطء، كما سألوا، إذاً كيف يفسّر داروين هذا الظهور المفاجئ لكائنات معقدة مكتملة الشكل؟ وفي الحقيقة، عجز عن ذلك.

وهكذا بدا كأنه من المقدر أن تبقى الأمور إلى الأبد حتى أحد الأيام في 1909، قبل الذكرى الخمسين لنشر كتاب داروين أصل الأنواع بثلاثة أشهر، حين قام عالم إحاثة يدعى تشارلز دوليتل والكوت باكتشاف فائق للعادة في الروكيز الكندية Canadian Rockies.

ولد والكوت عام 1850 وترعرع قرب أوتيكا، نيويورك، لأسرة فقيرة مادياً، التي صارت أكثر فقراً بعد موت والده المفاجئ حين كان تشارلز رضيعاً. حين كان طفلاً، اكتشف والكوت أنه كان لديه ميل للعثور على الأحافير، وخصوصاً المفصليات، فجمع مجموعة متميّزة اشتراها لويس أجاسيز لمتحفه في هارفارد بثروة صغيرة

تعادل 45,000 باوند بنقود اليوم. وبالرغم من أنه لم يكمل تعليمه الثانوي واعتمد على نفسه في تعلّم العلوم، صار والكوت مرجعاً أساسياً في المفصليات وكان أول شخص قال: إنها مفصليّة، وهي المجموعة التي تشتمل على الحشرات والقشريّات الحديثة.

في عام 1879 تولى والكوت عملاً في بحث ميداني في هيئة المسح الجيولوجي الأميركية المشكلة حديثاً، وعمل بشكل متميّز جعله بعد 15 عاماً يُرقّى كي يصبح رئيساً لهيئة المسح. وفي 1907 عُيّن أميناً لمؤسسة سميثونيان، حيث بقي حتى وافته المنية في عام 1927. وبالرغم من القيود الإدارية، واصل القيام بالعمل الميداني والكتابة بغزارة. «إن كتبه تملأ رف مكتبة»، كما قال فورتي. وليس مصادفة أنه كان أيضاً مدير لجنة المستشارين القوميين لرواد الفضاء، التي صارت في النهاية وكالة علم الطيران والفضاء (ناسا)، وهكذا يمكن أن يُعدّ بشكل صحيح جدّ عصر الفضاء.

إن ما يُذكر من أجله الآن هو اكتشاف ذكي ومحظوظ في بريتش كولومبيا، عالياً فوق بلدة فيلد الصغيرة في أواخر صيف 1909. إن النسخة المعتادة من القصة هي أن والكوت وزوجته، كانا يركبان الأحصنة على طريق جبلي حين انزلق حصان زوجته بسبب أحجار غير ثابتة. وحين ترجّل كي يساعدها، اكتشف والكوت أن الحصان قلب لوحاً من رقائق الطين، التي تحتوي على أحافير قشريات من نوع قديم وغير عادي. كان الثلج يتساقط، ذلك أن الشتاء يأتي مبكراً في كنيديان روكيز وهكذا لم يتريّثا، ولكن في العام الثاني وفي أول فرصة عاد والكوت إلى البقعة. سلك طريق منحدر الصخور، وتسلق إلى ارتفاع 750 قدماً عن سطح البحر إلى قرب قمة الجبل. هناك، على ارتفاع 8000 قدم عن مستوى سطح البحر عثر على طبقة طَفل سطحي بارزة بطول حجر رَصْف، تحتوي على عدد لا يحصى من الأحافير تعود إلى ما بعد اللحظة التي بدأت فيها الحياة المعقدة تنبعث في انتشار مدهش: الانفجار الكمبري الشهير. عثر والكوت -نتيجة لهذا- على الجزة الذهبية لعلم الإحاثة. سمّى الطبقة البارزة بطَفل برجيس Burgess Shale، على اسم الحافة

التـي عثر عليها فيهـا، وقدم «فسحتنـا الوحيدة عن بداية الحيـاة الحديثة في كل كمالها»، كما قال ستيفن جي جولد في كتابه الشهير (الحياة الرائعة).

اكتشف جولد -المدقّق دوماً- من قراءة يوميات والكوت أن قصة اكتشاف طَفل برجيس تبدو على أنها نوعاً ما منمّقة، ذلـك أن والكوت لا يذكر انزلاق الحصان ولا سقوط الثلج. ولكن الاكتشاف كان فائقاً للعادة دون شك.

من المستحيل بالنسبة لنا -نحن الذين يقتصر زمن وجودهم على الأرض على عقود عابـرة كالنسيم ومحدودة- أن نفهم كم كان الانفجار الكمبري بعيداً زمنياً عنـا. إذا كان بوسعكم أن تسافـروا إلى الوراء نحو الماضي بسرعة عام في الثانية، فيستغـرق الأمر نصف ساعة كي تصلـوا إلى زمن المسيح، وأكثر من ثلاثة أسابيع بقليـل كي تعودوا إلى بدايات الحياة البشريـة. ولكنكم ستستغرقون عشرين عاماً كـي تصلـوا إلى فجر الدهر الكمـبري. كان -بتعبير آخر- وقتـاً طويلاً جداً وكان العالم مكاناً مختلفاً جداً.

ينبغـي أن نذكر أنه حين تشكل طَفل برجيس منـذ 500 مليون سنة، أو أكثر لم يكـن على قمة جبل وإنمـا في سفحه. كان بالتحديد في حوضـ محيط قليل العمق في قـاع جرف شديد الانحدار. كانت البحار في ذلـك الوقت تزخر بالحياة، ولكن الحيوانات لم تترك أي سجل؛ لأن أجسامها كانت ناعمة وتتآكل حين تنفق. على أي حـال، انهار الجرف في برجس، ودفنـت الكائنات التي في الأسفل في انزلاق طيني وضغطت كأزهار في كتاب، وهذا ما حفظ تفاصيل ملامحها بشكل رائع.

وفي رحـلات صيفية سنويـة من 1910 إلى 1925 (في ذلـك الوقت صار عمره 75 عامـاً) استخرج والكوت عشرات الآلاف من العيّنات (يقول جولد ثمانين ألفاً؛ ويقـول فاحصو الحقائق الموثوقون في ناشنال جيوغرافيك: إن العدد ستون ألفاً)، أحضرهـا إلى واشنطن من أجل مزيد من الدراسة. كانت المجموعة لا تُضاهى في عددهـا الكبير وتنوّعهـا. كان لبعض أحافير برجس أصـداف؛ أما كثير منها فلم

يمتلك أصدافاً. كانت بعض الكائنات مبصرة، وبعضها الآخر لا يبصر. كان التنوع هائلاً، ويتألف من 140 نوعاً، بحسب رواية واحدة. «لقد اشتمل طَفل برجس شيل Burgess Shale على تسلسل في تغاير التصميمات التشريحية لم يكن له مثيل، ولا مثيل له اليوم بين كل مخلوقات المحيطات في العالم»، كما قال جولد.

ولسوء الحظ، أخفق والكوت في معرفة أهمية ما عثر عليه. «انتزع الهزيمة من فكي النصر»، كما قال جولد في كتاب آخر بعنوان (ثمانية خنانيص صغيرة)، «ثم تابع والكوت كي يسيء تفسير هذه الأحافير المهمة بأعمق طريقة ممكنة». وضعها في مجموعات حديثة، وجعلها أسلاف الديدان الحالية، وقناديل البحر وكائنات أخرى، وهكذا أخفق في فهم فرادتها. قال جولد متنهداً: «بحسب تأويل كهذا بدأت الحياة في بساطة بدائية وتحركت بعناد، نحو الأمام بقوة وبشكل أفضل».

توفي والكوت في 1927 ونسيت أحافير برجس. بقيت لنصف قرن تقريباً في أدراج المتحف الأميركي للتاريخ الطبيعي في واشنطن، ونادراً ما رُجع إليها أو تم التحقق منها. ثم في عام 1973، قام طالب متخرج في جامعة كمبريدج يدعى سيمون كونوي موريس بزيارة إلى المجموعة. أذهله ما عثر عليه. كانت الأحافير أكثر تنوّعاً وأهمية مما أشار إليه والكوت في كتاباته. إن الفئة التي تصف البنية الجسدية الأساسية للمتعضيات في علم التصنيف هي الشُّعبة(*)، وهنا استنتج كونوي موريس وجود كثير من الأخطاء التشريحية كهذه، وكان من المفاجئ أنها كلها غير قابلة للتفسير ويجهلها الشخص الذي اكتشفها.

أمضى كونوي موريس الأعوام العديدة اللاحقة، مع المشرف عليه، هاري وتنغتون، والزميل المتخرج ديريك بريجز، في مراجعة منهجية للمجموعة كلها، وبدأ يؤلف دراسات مثيرة متتالية فيما كانت الاكتشافات تتراكم. كان لكثير من الكائنات بنى جسدية لم تكن تخالف أي شيء شوهد من قبل أو منذ ذلك

(*) الشعبة في علم الأحياء أو البيولوجيا مجموعة من النباتات أو الحيوانات تتميّز بخصائص مشتركة معيّنة، وتشكّل طبقة مستقلة في التصنيف المعتمد في علمي النبات والحيوان. والشعبة تعدّ أعلى طبقات هذا التصنيف، وتليها الطائفة class، فالرتبة order، فالفصيلة family، فالجنس genus، فالنوع species، فالضرب variety.

الوقت فحسب، وإنما كانت مختلفة بشكل غريب. كان لإحداها وتدعى الأوبابنيا Opabinia خمس أعين وخطم يشبه الفوّهة. وهناك أخرى على شكل قرص تدعى بيتوايا Peytoia وتبدو بشكل كوميدي مثل قطعة أناناس دائرية. وهناك ثالثة لا بد أنها سارت على صفوف من الأرجل التي تشبه الطُّوالة، وكانت غريبة بحيث سموها هالوسيجينيا Hallucigenia. كان هناك كثير من الجدة غير المعروفة في المجموعة، حتى إنه في نقطة واحدة لدى فتح درج جديد سُمع كونوي موريس يغمغم بصوت مرتفع: «اللعنة، ليس شُعبة أخرى».

أظهرت مراجعات الفريق الإنكليزي أن العصر الكمبري كان زمن ابتكار وتجريب لا مثيل له في تصميمات الجسد. كانت الحياة تتهادى طوال أربعة ملايين عام تقريباً دون أي طموحات قابلة للرصد في اتجاه التعقيد، ثم فجأة -في مدة خمسة أو عشرة ملايين عام- ابتكرت التصميمات الجسدية الملائمة جميعها التي لا تزال قيد الاستخدام الآن. إن أي مخلوق، من الدودة الخيطية إلى كاميرون دياز، يستخدم الهندسة المعمارية التي ابتكرت في الحفلة الكمبرية.

ما كان أكثر إدهاشاً هو أنه كان هناك كثير من التصميمات الجسدية التي أخفقت في صناعة التفصيلة ولم تترك أسلافاً. وبحسب جولد، على الأقل 15 أو ربما 20 من حيوانات برجس لا تنتمي إلى أي شعبة معروفة. (ازداد العدد بسرعة في بعض الروايات الشعبية إلى مئة، أكثر مما زعم علماء كمبرديج بكثير). وكتب جولد: «إن تاريخ الحياة هو قصة إزالة شاملة تبعتها عملية تفاضل داخل قلة من الناجين، وليس القصة التقليدية للتفوق المتزايد باستمرار، وللتعقيد، والتنوع». وبدا أن النجاح النشوئي كان (كاليانصيب).

كان أحد المخلوقات التي نجحت في البقاء يشبه الدودة ويدعى بكايا جراسيلنز Pikaia gracilens اكتشف أن له عموداً فقرياً بدائيّاً، مما جعله السلف الأقدم المعروف للفقاريات اللاحقة جميعها، وبينها نحن. لم يكن البيكايا وافر الوجود بين أحافير برجيس، وهكذا لا أحد يعرف كم كان قريباً من الانقراض. ولا يترك جولد مجالاً للشك -في اقتباس مشهور- في أنه يرى نجاحنا السلالي كحظ:

«أرجع شريط الحياة إلى الأيام الأولى لأحافير برجيس؛ شغّله مرة ثانية من نقطة بدء مماثلة، وتصبح الفرصة صغيرة بشكل متلاشٍ، بحيث إنّ أي شيء مثل الذكاء البشري سيشرّف إعادة التشغيل».

نُشر كتاب جولد (الحياة الرائعة) عام 1989 وتلقى تقريظاً نقدياً عاماً وحقق نجاحاً تجارياً كبيراً. ما لم يكن معروفاً عامةً هو أن كثيراً من العلماء لم يتفقوا مع جولد في استنتاجاته مطلقاً، وأن الأمر سيصبح دميماً في الحال. في سياق العصر الكمبري، «يتعلق الانفجار بالأمزجة الحديثة أكثر مما يتعلق بالحقائق الفسيولوجية القديمة».

نعرف الآن أن المتعضيات المعقدة وجدت على الأقل قبل مئة مليون سنة من العصر الكمبري. وكان يجب أن نعرف كثيراً حالاً. فبعد أربعين سنة تقريباً من اكتشاف والكوت في كندا، كان هناك على الجانب الآخر من الكوكب في أسترالية عالم جيولوجيا يدعى رجينلاد سبريج اكتشف شيئاً ما أقدم وأكثر لفتاً للنظر.

في 1946 كان هناك عالم جيولوجيا يُدعى سبريج يعمل لدى حكومة ولاية ساوث أسترالية، أرسل للقيام بمسح لمناجم مهجورة في تلال إدياكاران من سلسلة الفلندرز، وهي منطقة معزولة وحارة جداً تبعد 500 كيلومتر عن جبال الأدليد. كان الهدف معرفة إن كان هناك أي مناجم قديمة يمكن أن يعاد تشغيلها بشكل مربح باستخدام تقنيات جديدة، وهكذا فهو لم يكن يدرس صخور السطح مطلقاً أو الأحافير. ولكن في أحد الأيام، وفيما كان يتناول غداءه، قلب سبريج بكسل قطعة من الحجر الرملي وفوجئ -إذا عبرنا بنعومة- حين رأى سطح الصخور مغطى بأحافير حساسة، مثل الأثر الذي تحدثه الأوراق في الطين. كانت هذه الصخور أقدم من الانفجار الكمبري. كان ينظر إلى فجر الحياة المرئية.

قدم سبريج بحثاً إلى مجلة نيتشر، ولكنه رُفض. قرأه بدلاً من ذلك في الاجتماع السنوي الآتي لجمعية أسترالية ونيوزلندة لتقدم العلم، ولكنه أخفق

في إثـارة إعجاب رئيس الجمعية، الذي قال: إن آثـار إدياكاران كانت مجرد «آثار غـير متعضية تصادفية». لم تُسحق آماله بعد، فسافـر إلى لندن وقدم مكتشفاته إلـى المؤتمـر الجيولوجي الدولي عـام 1948، ولكنــه أخفق في إثـارة الاهتمام أو التصديـق. أخيراً -وبحثاً عن مخرج أفضل- نشر مكتشفاته في محاضر الجمعية الملكية لساوث أستر الية. ثم ترك وظيفته الحكومية وعمل في التنقيب عن النفط.

بعـد تسع سنــوات، في 1957، كان هنـاك طالب مدرسة يدعـى روجر ماسون، وفيمـا كان يسير عبر غابــة تشارنوود في الأراضي الوسطـى الإنكليزية، عثر على صخرة فيها أحفور غريب، مشابه للسمك المريّش ولبعض العيّنات التي عثر عليها سبريــج، وكان يحــاول أن يخبر الجميــع عنها. سلّمها الطالب إلــى عالم إحاثة في جامعــة لايشســتر، الذي قال على الفــور: إنها تعود إلى ما قبـل العصـر الكمبري. نشــرت صور الشــاب ماسون في الجرائد وعومل بوصفه بطلاً قبل الأوان؛ ولا تزال تذكره كتب عديدة. وسميت العيّنة على شرفه تشارنيا ماسوني Charnia masoni.

إن بعضـ عيّنات سبريج الأصلية التي من إدياكاران، والعينات الألف والخمس مئـة الأخرى التي عُثر عليهـا في أنحاء سلسلة الفلندرز منذ ذلك الوقت، يمكن أن تُـرى اليـوم في علب زجاجية في غـرف الطابق العلوي لمتحف سـاوث أستر الية في أدليـد، ولكنها لا تجذب انتباهــاً كبيراً. إن النمـاذج المرسومــة بشكل رشيق خافت ولا تبــدو جميلــة للعين غير المدرّبــة. إن معظمها صغير وعلى شــكل قرص وأحياناً مخططـة بمـا يشبــه الأشرطة. وقـد وصفها فورتي بأنهـا «غرابــات ذات أجساد ناعمة».

لا يــزال هنــاك قليل من الاتفاق حـول ماذا كانت هذه الأمـور أو كيف عاشت. ليس لها -كما قيل لنا- أفواه أو شرج تتناول أو تخرج المواد القابلة للهضم، وليس لهـا أعضاء داخلية كـي تعالجها بها طوال الطريق. يقـول فورتي: «كانت معظمها علـى الأرجـح تستلقي في أثنـاء حياتها على سطـح الرسابات الرمليـة، كأسماك مسطحــة ناعمــة، لا بنية لها وغير حية». وفي أوج حياتهـا، لم تكن أكثر تعقيداً من

قنديل البحر. إن كائنات إدياكاران جميعاً كانت ثنائية الوريقات، وهذا يعني أنها كانت مبنية من طبقتين من النسيج. وباستثناء قنديل البحر، إن الحيوانات اليوم معظمها هي ثلاثية الطبقات.

يعتقد بعض الخبراء أنها لم تكن حيوانات مطلقاً، وإنما هي مثل النباتات أو الفطريات. إن الفروق بين النبات والحيوان ليست واضحة حتى الآن. فالإسفنج الحديث يمضي حياته مثبتاً على بقعة محددة وليس له عينان أو دماغ أو قلب خافق، ومع ذلك هو حيوان. يقول فورتي: «حين نعود إلى المدة السابقة للدهر الكمبري فإن الاختلافات بين النباتات والحيوانات كانت على الأرجح أقل وضوحاً. ليس هناك أي قاعدة تقول: إنه عليك أن تكون نبتة أو حيواناً بشكل واضح».

وليس هناك اتفاق بأن متعضيات إدياكاران تشكل بأي طريقة أسلافاً لأي شيء حي اليوم (عدا على الأرجح بعض قناديل البحر). ويعدها كثير من العلماء نوعاً من التجربة الخائبة، محاولة خاسرة لتحقيق التعقيد، ربما لأن متعضيات إدياكاران المهمدة التهمتها، أو تغلبت عليها حيوانات أكثر تعقيداً من العصر الكمبري.

قال فورتي: «لا يوجد اليوم شيء حي مشابه لها، ومن الصعب اعتبارها أي سلف لما تبع بعد ذلك».

كان الإحساس أنها لم تكن مهمة لتطور الحياة على الأرض. ويعتقد كثير من العلماء أنه حصلت إبادة جماعية في الحد الفاصل بين ما قبل الكمبري والكمبري، وأن مخلوقات إدياكاران (ما عدا قنديل البحر غير المؤكد) أخفقت في الانتقال إلى الطور الثاني. إن العمل الحقيقي للحياة المعقّدة، بتعبير آخر، بدأ مع الانفجار الكمبري. هكذا نظر جولد إلى الأمر، على أي حال.

بالنسبة لتنقيحات أحافير برجيس شيل، بدأ الناس في الحال يشككون في التفسيرات، وخاصةً تفسير جولد للتفسيرات. «كان هناك من البداية عدد من العلماء الذين شككوا بالتفسير الذي قدّمه ستيف جولد، بالرغم من إعجابهم

الكبير بطريقة التعبير عنه»، كما قال فورتي في كتابه (حياة). هذا إذا عبرنا عن الأمر بلطف.

«أتمنى لو استطاع ستيفن جولد أن يفكر بوضوح كما يكتب!» قال الأكاديمي في أكسفورد رتشارد دوكينز في السطر الافتتاحي لمراجعة (السنداي تلغراف) لكتاب (الحياة الرائعة). أقر دوكينز أن الكتاب «لا يُترك» وأنه «يعكس عبقرية أدبية»، لكنه اتهم جولد بالانخراط في سوء تأويل «طنان وشبه مخادع» للحقائق عبر الإيحاء بأن تنقيحات برجيس أذهلت جماعة علم الإحاثة. «إن وجهة النظر التي يهاجمها بأن التطور يتقدم بعناد نحو قمة هي الإنسان لم تُصدق لخمسين عاماً»، قال دوكينز غاضباً.

كانت هذه دقة غير متوافرة في معظم الذين كتبوا عن الكتاب. واقترح أحد كتّاب نيويورك تايمز بوك ريفيو بابتهاج أنه نتيجة لكتاب جولد «بدأ العلماء يتخلصون من بعض المفاهيم السابقة التي لم يفحصوها لأجيال. إنهم يقبلون بتردد أو بحماس فكرة أن البشر هم حدث ناجم عن الطبيعة بقدر ما هم نتاج تطور منظم».

ولكن النقد الحقيقي الذي تم توجيهه إلى جولد نشأ من الاعتقاد بأن كثيراً من استنتاجاته كانت خاطئة أو مضخّمة بإهمال. وفي مقال نُشر في مجلة إفوليوشن هاجم دوكينز تأكيدات جولد بأن «التطور في العصر الكمبري كان مدة «تجريب»، مدة «تجربة وخطأ» تطوريين، «بدايات مزيفة» تطورية... كان الوقت الخصب الذي ابتُكرتْ فيه «الخطط الجسدية الجوهرية» الكبيرة جميعها. ففي العصر الكمبري نشأت شعب وأصناف جديدة. واليوم نحصل على نوع جديد فقط!».

قال دوكينز مشيراً إلى فكرة أنه لا يوجد خطط جسدية جديدة اعتُنقت على نطاق واسع: «بدا وكأن الأمر كما لو أن الحدائقي نظر إلى شجرة بلّوط وقال متسائلاً: «أليس غريباً أنه لم تظهر أغصان رئيسة جديدة على هذه الشجرة لسنوات كثيرة؟ إن كل النمو الجديد يبدو هذه الأيام كأنه يحدث على مستوى الغصين».

قال فورتي: «كان وقتاً غريباً خاصةً حين فكرت أن هذا كل شيء عن شيء ما حدث منذ خمس مئة مليون عام، ولكن المشاعر في الحقيقة تتأجج. قلت مازحاً في أحد كتبي: إنني شعرت بأنه ينبغي أن أعتمر خوذة أمان قبل أن أكتب عن العصر الكمبري، ولكني لم أشعر أن الأمر كذلك ألبتة».

كان أغرب ما في الأمر هو رد أحد أبطال كتاب (الحياة الرائعة)، سيمون كونوي موريس، الذي أذهل كثيرين في جماعة علم الإحاثة حين رد فجأة على جولد في كتاب من تأليفه بعنوان بوتقة الخلق، الذي كتب عنه فورتي فيما بعد قائلاً: «لم أصادف قط حقداً كهذا في كتاب ألّفه مهنيّ. إن القارئ العادي لكتاب بوتقة الخلق -غير المطلع على التاريخ- لن يعرف أبداً أن وجهات نظر المؤلف كانت مرة قريبة إلى أفكار جولد (وإن لم يتم تقاسمها معه)».

حين سألت فورتي عن الأمر، قال: «حسناً، كان هذا غريباً جداً، وصادماً في الحقيقة؛ لأن تصوير جولد له كان مطرياً جداً. أستطيع الافتراض أن سيمون كان محرجاً. كما تعلم، إن العلم متحوّل ولكن الكتب ثابتة، وأفترض أنه ندم؛ لأنه كان مرتبطاً هكذا بطريقة متشددة بوجهات نظر لم يعد هو يقتنع بها. كان هناك كل ذلك الكلام عن: «آه، اللعنة، شعبة أخرى» وأتوقع أنه تأسف على أنه صار مشهوراً من أجل هذا. لن تعرف أبداً من قراءة كتاب سيمون أن وجهات نظره كانت مرة مماثلة تقريباً لوجهات نظر جولد».

ما حدث هو أن الأحافير الكمبرية الأولى بدأت تمر في وقت من إعادة التقويم النقدي. واستخدم فورتي وديريك بريجز أحد الشخصيات الرئيسة في كتاب جولد منهجاً يُعرف باسم cladistics لمقارنة أحافير برجيس المتنوّعة. وبتعبير بسيط، يتألف هذا المنهج من تنظيم المتعضيات على أساس سمات مشتركة. يقدم فورتي على سبيل المثال فكرة مقارنة زبّابة(*) بفيل. إذا فكّرت بحجم الفيل الكبير وجذعه المذهل يمكنك أن تستنتج أنه لا يجمعه إلا القليل مع زبّابة صغيرة ناشقة.

(*) حيوان صغير من آكلات الحشرات شبيه بالفأر.

ولكن إذا قارنت كليهما بسحلية فستلاحظ أن الفيل والزبّابة بُنيا وفق الخطة نفسها. ما يقوله فورتي جوهرياً هو أن جولد شاهد الفيلة والزبّابة حيث شاهد هو وبريجز الثدييات. إن مخلوقات برجيس -كما اعتقدا- لم تكن غريبة ومتنوّعة كما كانت لدى النظرة الأولى. يقول فورتي الآن: «لم تكن غالباً أغرب من ثلاثية الفصوص. وهذا يعني أنه كان لدينا فقط قرن كي نعتاد على ثلاثية الفصوص. إن الألفة تولّد الألفة كما تعرف».

لم يكن هذا -كما ينبغي أن أنبه- بسبب قلة الحرص أو عدم الانتباه. إن تفسير أشكال علاقات الحيوانات القديمة على أساس دليل مشوه، ومفكك في غالب الأحيان هو عمل مخادع بوضوح. قال (إدوارد أو. نلسون): إنه إذا أخذت أنواعاً منتقاة من الحشرات الحديثة، وقدّمتها كأحافير على نمط برجيس فلن يخمّن أحد أبداً أنها كانت كلها من الشعبة نفسها؛ لأن خططها الجسدية مختلفة جداً. كان اكتشاف موقعين ما قبل كمبريين في غرينلندة والصين -بالإضافة إلى مكتشفات مبعثرة أخرى، التي قدمت كثيراً من العيّنات الإضافية والأفضل- مساعداً في عملية التنقيحات.

خلاصة القول هي أن أحافير برجيس اكتشف أنها ليست مختلفة في النهاية. وتبين أن الهالوسجنيا Hallucigenia أعيد بناؤها من الأعلى إلى الأسفل. إن سيقانها التي تشبه الطوالة كانت في الحقيقة نتوءات على ظهورها. أما البيتوايا Peytoia، المخلوق الغريب الذي بدا كشريحة أناناس، فلم يكن مميّزاً وإنما جزء من حيوان أضخم يُدعى الأنومالوكاريس Anomalocaris. إن كثيراً من عيّنات برجيس وضعت الآن في الشعب الحية، تماماً حيث وضعها والكوت في المقام الأول. إن الهالوسيجنيا وبعض الأحافير الأخرى اعتُقد أنها على علاقة بالأونيتشوفورا Onychophora، وهي نوع من الحيوانات التي تشبه اليسروع. وأعيد تصنيف أخرى كسلف للديدان الحَلَقيّة. ويقول فورتي: «هناك نسبياً بضعة تصميمات كمبرية جديدة بشكل كامل. ويتبين في غالب الأحيان أنها تطوير مهم لتصميمات

راسخـة». وكما كتـب في حياة: «لم يكـن أي منها غريباً مثل البرنقيـل(*) أو أكثر غرابة من الأرَضة (النملة البيضاء)».

لم تكـن عيّنات برجيس شيل مثيرة (دراماتيكية) في النهاية. وهذا جعلها كما قـال فورتي: «ليس أقـل أهمية أو غرابـة وإنما أكثر قابلية للتفسـير». إن خططها الجسدية الغريبة كانت نوعاً من الوفـرة الفنيّة، المعادل التطوري للشعر واللسان. وفي النهاية استقرت الأشكال في عمر متوسّط وثابت.

ولكن هذا تـرك السؤال المستمر عن من أين جاءت كل هذه الحيوانات؟ وكيف ظهرت فجأة من اللامكان؟

تبـيّن أنه من المحتمـل أن الانفجار الكمبري لم يكن انفجاريـاً بشكل كافٍ. إن الحيوانـات الكمبريـة -كما يُعتقـد الآن- كانت على الأرجح هنـاك، ولكنها كانت صغيرة لا تُرى. وكانت ثلاثية المفاصل هي التي قدمت المفتاح، خاصةً ذلك الظهور الغامضـ على ما يبـدو لأنماط مختلفة من ثلاثية المفاصل في أمكنة مبعثرة بشكل كبير حول الكوكب، وكلها تقريباً في الوقت نفسه.

تبـيّن أن الظهور المفاجئ لكثير مـن الكائنات المختلفة ذات الشكل الكامل عزز على ما يبدو إعجاز الانفجار الكمبري، ولكنه فعل العكس. إن ظهور مخلوق مشكل جيـداً كثلاثيـة المفاصل في عزلة، هـذا في الحقيقة أعجوبـة والحصول على كثير منهـا، وكلها متميزة ولكنها مرتبطـة ببعضها، وتظهر في سجل الأحافير في أمكنة بعيدة كالصين ونيويورك، يوحي بوضوح أننا فقدنا جزءاً كبيراً من تاريخها. يمكن ألا يكون هناك دليل أقوى على أنه ينبغي أن يكون لها سلف، أنواع من السلف بدأت الرحلة في ماض أبكر بكثير.

يُعتقـد الآن أن سبـب عدم عثورنا على هذه الأنواع الأولى هو أنها كانت صغيرة جداً، بحيث لا يُمكن حفظها. يقول فورتي: «ليس من الضروري أن تكون كبيرة كي

(*) حيوان بحري قشري يلتصق عادة بجوانب السفن وبالصخور والأسماك الكبيرة. المترجم.

تكـون متعضيات معقدة تعمل بشكل تـام. فالبحر يعجُّ اليـوم بالمفصليّات التي لم تـترك أي سجل أحافير». ذكر الحيوانات مجذافيّة الأرجل(*) ، التي يصل عددها إلـى ترليونات في البحـار الحديثة، وعناقيـد من الحشود كبيرة بمـا يكفي لجعل مناطق ضخمة من البحر سوداء، ومع ذلك فإن كل ما نعرفه عن أسلافها هو عيّنة واحدة عثر عليها في جسم سمكة متحجرة.

يقول فورتي: «إن الانفجار الكمبري -إن كانت هذه الكلمة تعبر عنه- ربما كان علـى الأرجح زيادة في الحجم أكثر مما هو ظهور مفاجئ لأنماط جسدية جديدة. ومـن الممكن أنه حـدث بسرعة، وهكذا -بهذا المعنى- أفترض أنه كان انفجاراً». والفكـرة هـي أنه كما أن الثدييات انتظرت وقتها لمئة مليـون عام إلى أن انقرضت الديناصـورات، ثـم على مـا يبدو انتشـرت في أنحـاء الكوكب كلها، فربمـا أيضاً انتظـرت المفصليـات وثلاثية الطبقـات في غفلية شبه مجهرية ظهـور متعضيات إديـاكاران المهيمنـة. يقول فورتي: «نعرف أن الثدييـات ازداد حجمها بشكل لافت بعـد أن انقرضت الديناصـورات، ومع ذلك حين أقول بشـكل مفاجئ تماماً أعني بالطبع بمعنى جيولوجي، لا نزال نتحدث عن ملايين الأعوام».

وبالمصادفة، حصل ريجينالد سبريج على قياس فات موعد استحقاقه. إن أحد الأجناسـ الرئيسة المبكرة، السبريجينا Spriggina سمّـي على شرفه، بالإضافة إلـى عدة أنواع، وصار الكل معروفـاً باسم الحياة الحيوانية لإدياكاران، وهي اسم التـلال التي بحث فيها. في ذلك الوقت -علـى أي حال- كانت قد انتهت منذ وقت طويل عمليات صيد سبريج للأحافير. فبعد أن هجر الجيولوجيا أسس شركة نفط ناجحة وأخيراً تقاعد في عزبة في سلاسل الفلندرز التي يحبها، حيث أنشأ ذخيرة من الحياة البرية. توفي في عام 1994 رجلاً غنياً.



(*) قشريـات بحرية ونهرية تتميّز بـأن لها جسماً متطاولاً، وعيناً مركزية واحدة، وقرني استشعار طويلين، وخمسة أزواج من الأرجل شبيهة بالمجاذيف. المترجم.

الفصل الواحد والعشرون

وداعاً لكل هذا

حين نفكر في الأمر من منظور إنساني، ومن الصعب أن نفكر عبر أي شيء آخر غيره، فإن الحياة أمر غريب. لم تستطع الانتظار كي تستمر، ولكن بعد أن انطلقت، بدت مستعجلة كي تتحرك.

فكّروا بالأشنة. إن الأشنة هي أصعب المتعضيات تمييزاً على الأرض، ولكن بين الأقل طموحاً. تنمو بسعادة كافية في فناء كنيسة مشمس، ولكنها تزدهر خاصةً في بيئات لا يذهب إليها أي متعض آخر: على قمم الجبال العاصفة وفي الأراضي القطبية المقفرة، وأينما كان القليل من الصخر والمطر والبرد، ولا يوجد تنافس. ففي مناطق أناركتيكة حيث في الحقيقة لن ينمو أي شيء آخر، تجد مناطق واسعة من الأشنيات 400 نوع منها تتمسك بإخلاص بكل صخرة تجلدها الريح.

لم يستطع الناس فهم «كيف فعلت ذلك لوقت طويل»؟. ونظراً لأن الأشنيات تنمو على الصخر العاري دون غذاء واضح أو إنتاج بذور، فإن كثيراً من الناس المتعلمين اعتقدوا أنها كانت صخوراً علقت في عملية التحول إلى نباتات. وقد قال أحد المراقبين، في 1819 ويدعى الدكتور هورنستشيتش: «إن الحجر غير المتعضي يصبح نبتة حية تلقائياً!».

أظهر الفحص الدقيق أن الأشنيات كانت أكثر أهمية من كونها سحرية. فهي في الحقيقة شراكة بين الفطريات والأشنة. إن الفطريات تطرح أحماضاً تحلّ سطح الصخرة، محررة معادن تحولها الأشنيات إلى طعام كافٍ لتغذية كليهما. وهذا ليس ترتيباً مثيراً جداً، ولكنه ناجح على ما يبدو. وفي العالم أكثر من عشرين ألف نوع من الأشنة.

إن الأشنيات بطيئة النمو على غرار معظم الأشياء التي تزدهر في البيئات القاسية. ويمكن أن تستغرق الأشنة أكثر من نصف قرن لتصبح بحجم زر

قميص. أما تلك التي بحجم صحون الطعام، كما قال ديفد أتنبورو: «من المحتمل أن يكون عمرها مئات إن لم يكن آلاف السنوات». سيكون من الصعب تخيل وجود أقل تحققاً. يضيف أتنبورو: «إنها توجد فحسب وتشهد على الحقيقة المتحركة بأن الحياة حتى في شكلها الأبسط تحصل -على ما يبدو- من أجل نفسها فحسب».

من السهل أن نغفل هذه الفكرة بأن الحياة هي هذا فقط. فنحن نميل بوصفنا بشراً إلى الشعور بأنه لا بد أن للحياة هدفاً. لدينا خطط وتطلعات ورغبات. نريد أن نستفيد قدر الإمكان من كل الوجود المُسكر الذي مُنح لنا. ولكن ما هي الحياة بالنسبة لأشنة؟ مع ذلك إن دافعها إلى الوجود -إلى أن تكون- قوي كدافعنا ويقال: إنه أقوى منه. لو قيل لي: إنني سأمضي عقوداً كنمو فرويّ على صخرة في الغابات، أعتقد أنني سأفقد الإرادة من أجل الاستمرار. أما الأشنيات فلا تفقد الإرادة. فهي على غرار الأشياء الحية جميعها ستعاني من أي صعوبة، وتتحمل أي إهانة من أجل وجود إضافي للحظة. إن الحياة باختصار، تريد أن تكون فحسب. ولكنها -وهنا نقطة في غاية الأهمية- لا تريد أن تكون في معظم الأحيان.

وهذا غريب قليلاً؛ لأن الحياة استغرقت وقتاً طويلاً كي تطور الطموحات. فإذا تخيلت الـ 4500 مليون عام من تاريخ الأرض مضغوطاً في يوم أرضي عادي، فإن الحياة عندئذ تبدأ باكراً جداً، نحو الرابعة صباحاً مع استيقاظ المتعضيات البسيطة الأحادية الخلية الأولى، ثم تتقدم في الست عشرة ساعة اللاحقة. لم تظهر الأرض أي شيء للكون سوى جلد غير مستقر من الميكروبات في الثامنة والنصف مساء، حيث اليوم أكبر بخمس أو ست مرات. ثم في النهاية، تظهر نباتات البحر الأولى، تتبعها بعد عشرين دقيقة قناديل البحر الأولى وحيوانات إدياكاران الغامضة التي رآها لأول مرة ريجينالد سبريج في أستراليا. وفي التاسعة وأربع دقائق مساء تسبح ثلاثية المفاصل إلى المشهد، تتبعها على الفور كائنات برجيس شيل ذات الشكل. وتماماً قبل العاشرة مساء تبدأ النباتات بالظهور في الأرض. وحالاً بعد ذلك، ولم يبقَ من اليوم إلا ساعتان، تأتي كائنات الأرض.

وبفضل عشر دقائق أو ما يقارب ذلك من الطقس المعتدل، في العاشرة وأربع وعشرين دقيقة تتغطى الأرض بالغابات المكوّنة للفحم، التي تمنحنا بقاياها كل فحمنا الحجري، وتظهر الحشرات المجنّحة الأولى. وتظهر الديناصورات في المشهد قبل الحادية عشرة مساء وتسيطر نحو ثلاثة أرباع الساعة. وبعد منتصف الليل بواحد وعشرين دقيقة تتلاشى ويبدأ عصر الثدييات. ويبزغ البشر قبل منتصف الليل بدقيقة واحدة وسبع عشرة ثانية. إن كل تاريخنا المدون -على هذا الميزان- لن يكون أكثر من بضع ثوانٍ، ولن تستمر حياة بشرية واحدة أكثر من لحظة. وفي أثناء هذا اليوم المسرّع بشكل كبير، تنجرف القارات وتصطدم سوية في عنف طائش. تنشأ الجبال وتذوب، أحواض المحيطات تأتي وتذهب، أغطية الجليد تتقدم وتنسحب. وفي المجمل، نحو ثلاث مرات كل دقيقة، في مكان ما على الكوكب يحدث انفجار ضوئي يحدد تأثير نيزك بحجم الذي صدم مانسون أو أكبر. والعجيب أن يبقى أي شيء على قيد الحياة في بيئة غير مستقرة ومضطربة كهذه. وفي الحقيقة، لا تحيا أشياء كثيرة طويلاً.

ربما كانت الطريقة الأكثر فاعلية لفهم جدّتنا الكبيرة كجزء من هذه الصورة التي تعود إلى 4.5 بلايين عام، هي أن تمد ذراعيك إلى الحد الأعلى وتتخيل ذلك العرض كتاريخ كامل للأرض. وعلى هذا الميزان، وبحسب جون مكفي في كتابه الحوض والسلسلة، إن المسافة من رؤوس أصابع يد إلى رسغ الأخرى هي سابقة للعصر الكمبري. إن كل الحياة المعقدة هي في يد واحدة، «وفي ضربة واحدة وبمبرد أظافر صغير تستطيع أن تستأصل التاريخ البشري».

لحسن الحظ، جاءت اللحظة، ولكن الفرص الجيدة سوف تحدث. لا أرغب في أن أقحم ملاحظة كئيبة في هذه النقطة، ولكن هناك صفة وثيقة الصلة بشكل كبير حيال الحياة على الأرض: إنها تنقرض. وربما هذا أحد الأسباب «لماذا كثير من الحياة ليس طموحاً بشكل كبير؟».

وهكذا في أي وقت تفعل الحياة شيئاً جسوراً فإنه يعدّ حدثاً مهماً، وكانت بعض المناسبات زاخرة بالأحداث أكثر مما حين انتقلت الحياة إلى المرحلة اللاحقة في قصتنا وخرجت من البحر.

كانـت الأرض بيئة مرعبـة: حارة وجافة ومغمـورة بالأشعة فـوق البنفسجية، تفتقـر إلـى الحماس الـذي يجعل الحركة في الميـاه سهلة نسبياً. وكـي تعيش على اليابسة، كان على الكائنات أن تمر في تنقيحات بالجملة لأجسامها. أمسك بسمكة من أي طرف وسوف ترتخي من المنتصف، إن عظم ظهرها ضعيف جداً، بحيث لا يستطيـع دعمها. كي تحيا خارج الماء، كانت الكائنات البحرية بحاجة إلى هندسة داخليـة حاملة للأثقال، وليس إلى نوع التكيـف الذي يحصل بين عشية وضحاها. قبـل كل شـيء، وبشكل أكثر وضوحاً، يجب على أي كائن بري أن يطور طريقة؛ كي يأخـذ أوكسجينـه بشـكل مباشر من الجو بـدل أن يصفيه من المـاء. لم تكن هذه التحديـات سهلـة. ومن ناحية أخـرى، كان هنـاك حافز جبّار لمغـادرة الماء: كان المـاء يصبح خطراً. إن الالتحام البطـيء للقارات في كتلة أرض واحدة، Pangea، كان يعنـي تقلّصـاً شديداً للخط الساحلـي مما أدى إلى تقلّصـ المثوى الساحلي. وهكـذا كان التنافس وحشياً. كان هنـاك أيضاً نوع جديد غير مستقر من الوحوش المفترسـة الآكلة لكل شيء في المشهـد، وكانت مصممة بشكل كامل للهجوم، بحيث إنّها لم تتغيّر في كل تلك الدهور الطويلة منذ ظهورها: كانت هذه أسماك القرش. لن يكون هناك أبداً وقت أكثر ملاءمة للعثور على بيئة بديلة للماء.

بـدأت النباتات عمليـة استعمار الأرض منذ 450 مليـون سنة، وكانت ترافقها عنـد الضـرورة السوسـة(*) الصغـيرة، ومتعضيـات أخـرى كانت بحاجـة إليها لتحطيم وإعادة استخدام المادة العضوية لصالحها. واستغرقت الحيوانات الأكبر وقتاً أطول للظهور، ولكن منذ نحو 400 مليون عام كانت تغامر بالخروج من الماء، أيضاً. وقد شجعتنا الرسـوم المشهورة على تصور سكان الأرض الأوائل المغامرين كنـوع من الأسماك الطموحة، شيء ما يشبه الخنفسـاء الحديثة التي تستطيع أن تنتقـل من بركة موحلة إلى أخرى في أثناء الجفاف، أو ربما كالبرمائيات القوازب ذات الشـكل المكتمـل. وفي الحقيقـة، إن المقيمـين المرئيين الأوائـل المتنقلين على

(*) حيوان مفصلي من العنكبوتيات، ذو جسم صغير بيضوي الشكل مكسو بالشعر. المترجم.

الأرض الجافة كانوا يشبهون أكثر حمار قبّان(*) على الأرجح. وهذه حشرات صغيرة (قشريات) تضطرب كثيراً حين تقلب صخرة أو جذع شجرة.

كانت الأوقات طيبة بالنسبة لأولئك الذين تعلموا أن يستنشقوا الأوكسجين من الجو. كانت مستويات الأوكسجين في العصر الديفوني والعصر الكربوني، حين بدأت الحياة الأرضية بالازدهار، مرتفعة بنسبة 35% (بالمقارنة مع 20% الآن). سمح هذا للحيوانات بأن تكبر بشكل لافت للنظر وبنحو سريع.

يحق لكم أن تتساءلوا «كيف يستطيع العلماء معرفة مستويات الأوكسجين منذ مئات الملايين من الأعوام؟» يكمن الجواب في حقل غامض قليلاً ولكنه ساذج يعرف باسم جيوكيمياء النظائر. احتشدت الكائنات الديفونية والكربونية في عوالق صغيرة سلّحتْ نفسها بأصداف حامية صغيرة. ثم -كما الآن- خلقت العوالق أصدافها عبر استنشاق الأوكسجين من الجو وخلطه مع عناصر أخرى مثل (الكربون خاصةً) لتشكيل مركبات مستمرة مثل كربونات الكالسيوم. إنها الخدعة الكيميائية نفسها التي تستمر (ونوقشت في مكان آخر في العلاقة مع) دورة الكربون ذات الأمد الطويل، وهي عملية لا تقدم قصة مثيرة ولكنها حيوية لخلق كوكب قابل للسكن.

تموت في هذه العملية المتعضيات الصغيرة جميعها وتندفع إلى قاع البحر، حيث تُضغط ببطء كي تصبح أحجاراً كلسية. وبين البنى الذرية الصغيرة التي تأخذها معها العوالق إلى القبر نظيران مستقران جداً هما الأوكسجين 16 والأوكسجين 18 (النظير ذرة بعدد غير سوي من النيوترونات). إلى هنا يأتي الجيوكيميائيون، ذلك أن النظائر تتراكم بسرعات مختلفة بحسب كمية الأوكسجين أو ثاني أكسيد الكربون التي في الجوار وقت إنشائها. وبمقارنة النسب القديمة لترسب النظيرين، يستطيع الجيوكيميائيون أن يقرؤوا الأوضاع في العالم القديم كمستويات الأوكسجين، ودرجة حرارة الجو والمحيط، وحد وتوقيت العصور

(*) دويبة صغيرة كثيرة القوائم. المترجم.

الجليدية وأمور أخرى كثيرة. وعبر مزج اكتشافاتهم عن النظير مع رواسب أخرى أحفورية تشير إلى أوضاع أخرى كمستويات غبار الطلع (اللُّقح) وغيرها، يستطيع العلماء -بثقة معتبرة- إعادة خلق مشاهد طبيعية كاملة لم يسبق أن رأتها العين البشرية.

إن السبب الرئيس لقدرة مستويات الأوكسجين على التشكل بقوة في أثناء مدة الحياة الأرضية الأولى، هو أن كثيراً من مشهد العالم كانت تهيمن عليه أشجار سرخس عملاقة ومستنقعات واسعة، والتي بسبب طبيعتها المستنقعية قاطعت عملية إعادة تصنيع الكربون العادية. وبدلاً من أن تتعفّن بشكل كامل، تراكمت أوراق السرخس والمادة النباتية الأخرى في ترسبات غنية رطبة، ضُغطت في النهاية إلى الأسرة الفحمية الكبيرة التي تغذي الآن كثيراً من النشاط الاقتصادي.

شجّعت مستويات الأوكسجين المرتفعة جداً على النمو المفرط. إن الإشارة الأقدم إلى حيوان سطح سبق أن وُجد هو أثر تركه منذ 350 مليون سنة كائن يشبه الدودة الألفيّة على صخرة في أسكتلندة. كان أطول من متر. وقبل أن تنتهي الحقبة ستصل بعض الديدان الألفية إلى أطوال أكثر من ضعف هذا.

بوجود كائنات كهذه تجوس، ربما ليس من المفاجئ أن الحشرات في تلك المدة طورت خدعة تستطيع أن تبقيها بأمان خارج طلقة اللسان: لقد تعلّمت الطيران. لجأ بعضها إلى تلك الوسيلة الجديدة في التنقّل بسهولة خارقة للطبيعة، بحيث إنّها لم تغيّر تقنياتها في كل ذلك الوقت. ثم -كما الآن- استطاعت اليعاسيب أن تسافر بسرعة أعلى من 50 كيلومتراً في الساعة، وتتوقف على الفور، وتحوم، وتطير إلى الخلف، وترتفع إلى الأعلى أكثر بكثير، بشكل متناسب أكثر من أي آلة طيران اخترعها البشر. كتب أحد المعلّقين: «وضعتها القوى الجوية الأميركية في أنفاق هوائية؛ كي ترى كيف تفعلها، فيئست». تستهلك هي أيضاً الهواء الغني. ونمت اليعاسيب في الغابات الكربونية وصارت بحجم الغربان. وحققت الأشجار ونباتات أخرى أحجاماً فائقة للطبيعة. نما نبات ذنب الخيل والسرخس إلى ارتفاع 15 متراً، ووصل نبات رجل الذئب إلى ارتفاع 40 متراً.

إن الفقاريـات الأرضية الأولى أي حيوانات اليابسـة الأولى التي اشتُققنا منها هـي لغز. ويعود هذا جزئياً إلى نقص الأحافير ذات الصلة، وإلى شخص سويدي غريـب يدعـى إريك جارفيك، الـذي عرقلت تفسيراتـه الغريبـة وأسلوبه السري التقـدم في هذه المسألة تقريباً مـدة نصف قرن. كان جارفيك جزءاً من فريق من الباحثين السويديين الذين ذهبوا إلى غرينلندة في الثلاثينيات والأربعينيات؛ بحثاً عن أحافـير الأسماك. كانوا يبحثون خاصةً عن الأسمـاك الهدّابية الزعانف من النمـط، الذي من المفترض أنـه سلفٌ لنا ولكل الكائنات الأخرى التي تسير، والتي تعرف باسم رباعية الأرجل.

إن الحيوانـات معظمها هـي رباعية الأرجل، وتشـترك رباعيات الأرجل الحية جميعها في شيء واحد: لها أربعة أعضاء، وكل منها ينتهي في حد أعلى من خمسة أصابـع لليد أو القدم. فالديناصـورات والحيتان والطيور والبشر، وحتى الأسماك كلها رباعية الأرجل، مما يوحي بوضوح أنهم أتوا من سلف واحد مشترك. وافتُرِض أن مفتـاح هذا السلف المشترك يمكن العثور عليـه في العصر الديفوني، منذ 400 مليـون سنـة. وقبل ذلـك الوقت لم يسر أي شـيء على الأرض. وبعـد ذلك الوقت فعلَـتْ كثـير من الحيوانات ذلـك. ولحسن الحظ عثر الفريق علـى مخلوق كهذا، وهـو حيوان طولـه متر يدعى Ichthyostega. أوكل تحليـل الأحفور إلى جارفيك، الذي بدأ دراسته في 1948 وواظب عليها حتى الأعوام الثمانية والأربعين اللاحقة. ولسـوء الحظ، رفض جارفيك أن يسمح لأي شخص آخر بأن يدرس هذا الحيوان الرباعـي الأقدام. وكان على علمـاء الإحاثة في العالم أن يرضوا ببحثين تمهيديين مؤقتين، قال فيهما جارفيك: إن للحيوان خمس أصابع في كل من أعضائه الأربعة، مؤكداً أهميته كسلف.

تـوفي جارفيـك في 1998. بعد موته فحصـ علماء إحاثة آخـرون بلهفة العيّنة واكتشفـوا أن جارفيـك أخطأ في إحصاء أصابع اليديـن والقدمين، كان هنـاك في الحقيقة ثمانية في كل عضو، وأخفق في أن يلحظ أن السمكة لم يكن بوسعها السير.

كانت بنية الزعنفة ضعيفة، بحيث إنّها كانت ستنهار تحت ثقلها. ولا حاجة للقول: إن هـذا لم يفعل كثيراً كي يطوّر فهمنا لحيوانات البر الأولى. واليوم هناك ثلاثة رباعيات أرجل قديمة معروفة ولكن لا أحد منها له أصابع. باختصار، لا نعرف تماماً من أين أتينا.

لكننا أتينا، بالرغم من أن الوصول إلى حالتنا الحاضرة من العلوّ لم تكن دوماً مباشرة. ومنذ أن بدأت الحياة على اليابسة، تألفت من أربع سلالات ضخمة، كما تُدعى أحياناً. كانت الأولى تتألف من القوازب والزواحف البدائية المتثاقلة ولكن أحياناً الضخمة والجبارة. وكان الحيوان المعروف بشكل أفضل في هذا العصر هو الديمرترودون Dimertrodon، وهو حيوان مائي يخلط بشكل شائع مع الديناصور (كذلك في شرح لصورة في كتاب كارل ساغان النيزك) . كان الديمرترودون في الحقيقة ساينابسيد a synapsid. وهكذا، في إحدى المرات، كنا. كانت الساينابسيد synapsids أحد الأقسام الرئيسة الأربعة لحياة الزواحف الأولى، كانت الأخرى الأنابسيدس anapsids، واليورابسيدس euryapsids، والديابسيدس diapsids. وتشير الأسماء ببساطة إلى عدد وموقع الثقوب الصغيرة التي اكتُشفت في جوانب جماجم مالكيها. كان في السايناسبيد synapsids ثقب واحد في الصدغ السفلي؛ وكان في الديابسيدس diapsids اثنان؛ وكان في اليورابسيدس euryapsids ثقب واحد في الأعلى.

ومع مرور الزمن، انقسمت كل من هذه المجموعات الرئيسة إلى مزيد من الأقسام الفرعية، منها ازدهر ومنها كان ضعيفاً. نشأ عن الأنابسيدس anapsids السلاحف، التي ظهرت وربما من غير المرجح قليلاً في وضعية الهيمنة لتصبح أكثر حيوانات الكوكب تقدماً وفتكاً، قبل أن تقوم هزيمة تطورية منكرة بجعلها تظل مستمرة بدلاً من مهيمنة. وانقسمت synapsids إلى أربعة جداول، عاش واحد منها إلى ما بعد الدهر البرمي. ولحسن الحظ، كان هذا هو الجدول الذي ننتمي إليه، وتطور إلى عائلة من الثدييات البدائية التي تُعرف باسم الثيرابسيدس therapsids. وشكّلت هذه السلالة الكبيرة 2.

ولسوء حظ الثيرابسيدس therapsids، فإن أبناء عمومتها من الديابسيدس diapsids كانت أيضاً تتطوّر بشكل منتج إلى ديناصورات (بين أمور أخرى)، مما برهن بالتدريج أن هذا ليس لصالح الثيرابسيدس therapsids. تلاشت الثيرابسيدس therapsids بالجملة من السجل؛ لأنها لم تكن قادرة على التنافس المباشر مع هذه الكائنات الجديدة العداونية. وتطورت قلّة - على أي حال - إلى كائنات صغيرة، مستكنة في جحر، وفرائية تحملت زمنها لوقت طويل حين كانت ثدييات صغيرة. لم ينمُ أكبرها إلى حجم قطة منزلية ومعظمها لم يكن أكبر من الفئران. وفي النهاية، هذا سيبرهن على خلاصها، ولكن كان عليها الانتظار 150 مليون سنة للسلالة الكبيرة 3، عصر الديناصورات، كي تنقرض فجأة وتفسح المجال للسلالة الكبيرة 4 وعصرنا من الحيوانات الثديية.

كانت التحولات الضخمة - الأصغر منها أيضاً - تعتمد محرك التقدم المهم بشكل ينطوي على مفارقة: الانقراض. وإنها لحقيقة غريبة أن موت الأنواع على الأرض هو - بالمعنى الأكثر حرفية - طريقة للحياة. لا أحد يعرف كم من أنواع المتعضيات وُجدت منذ أن بدأت الحياة. إن ثلاثين بليون هو الرقم الذي يُذكر بشكل شائع. ومهما كان الحاصل الكلي، فإن 99.99% من الأنواع جميعها التي سبق أن عاشت لم تعد معنا. قال ديفد راوب David Raub من جامعة شيكاغو: «لدى التقدير الأول إن كل الأنواع منقرضة». بالنسبة للمتعضيات المعقّدة، إن متوسط الحياة هو نحو 4 ملايين سنة، تقريباً حيث نحن الآن.

إن الانقراض هو دوماً أنباء سيئة للضحايا بالطبع، ولكن يبدو أنه شيء جيد لكوكب دينامي. ويقول إيان تاترسال من المتحف الأميركي للتاريخ الطبيعي: «إن بديل الانقراض هو الركود، والركود نادراً ما يكون شيئاً جيداً في أي حقل». (ربما يجب أن أنبه أننا نتحدث هنا عن الانقراض على أنه عملية طبيعية على المدى الطويل. إن الانقراض الذي يسببه الإهمال البشري هو مسألة أخرى تماماً).

ترتبـط الأزمات في تاريخ الأرض بشكل متنوّع بقفزات (درامية) فيما بعد. إن سقوط حيوانات إدياكاران تبعه الانفجار الخلاّق للعصر الكمبري. أما الانقراض الأردفيشـي الذي حـدث منذ 440 مليون سنة، فقد نظّـف المحيطات من كثير من الحيوانـات غـير القـادرة على الحركـة التي تتغذى عـبر مصفاة، وأنشـأ - نوعاً مـا - أوضاعاً فضلت الأسمـاك المريّشة والزواحف المائيـة العملاقة. وكانت هذه بدورهـا في موقع مثالي كي ترسل المستعمرين إلى اليابسة حين منح ثوران آخر في العصـر الديفوني المتأخـر الحياة هزة صاخبة. وهكذا حـدث في فواصل متقطعة عبر التاريخ. فلو أن هذه الحوادث معظمها لم تحصل تماماً في الموعد الذي حدثت فيه، لكان من المؤكد أننا لن نكون موجودين هنا الآن.

شهدت الأرض خمسة حوادث انقراض رئيسة في زمنها الأردفيشي، والديفوني، والبرمـي، والتّرياسـي، والطباشـيري، في هـذا الترتيب وكثيراً مـن الانقراضات الصغـيرة. حدث الانقراض الأردفيشي (منـذ 440 مليون سنة) والديفوني (منذ 365 مليـون سنة) قضى كل منهما على 80 إلى 85% من الأنواع. حدث الترياسي (منـذ 210 مليون سنـة) والطباشيري (منـذ 65 مليون سنـة) وقضى كل منهما علـى 70 - 75% مـن الأنواع. ولكن الحـدث الأكبر كان الانقراضـ البرمي الذي حـدث منذ نحو 245 مليون سنة، وأسدل الستار على العمر الطويل للديناصورات. وفي الانقراضـ البرمي، غادر علـى الأقل 95% من الحيوانـات المعروفة في سجل الأحافـير الوجود كي لا تعود أبداً. وانقرض ثلث نوع الحشرات، وهذه هي المناسبة الوحيدة التي فقدت فيها بالجملة. وهذا قريب من الانقراض الكلي.

قـال رتشارد فورتي: «كان في الحقيقة انقراضـاً جماعياً، مذبحة لم تشهد لها الأرض مثيلاً». كان الحدث البرمي مدمراً خاصةً لمخلوقات البحر. تلاشت ثلاثية المفاصل كلها. وانقرضـت البطلينوسات وقنافذ البحر تقريباً. صُعقت المتعضيات البحرية جميعها، وسواء في الماء وعلى اليابسة، اعتُقد أن الأرض فقدت 52% من عائلاتهـا وهـذا مستوى فوق الجنس وتحت الرُّتبة بـوزن الحياة (موضوع الفصل

اللاحق)، وربما فقدت 96% من كل أنواعها. وسيمر وقت طويل 80 مليون عام قبل أن تنتعش الأعداد الكلية للأنواع.

يجب أن نبقي نقطتين في أذهاننا. الأولى، إن كل هذه تخمينات علمية. تتراوح التقديرات عن عدد الأنواع الحيوانية الحية في نهاية العصر البرمي من العدد المنخفض 45,000 إلى العدد المرتفع 240,000. إذا كنت لا تعرف كم من الأنواع كانت حية، بالكاد تستطيع أن تحدد بقناعة نسبة تلك التي هلكت. فضلاً عن ذلك، نحن نتحدث عن موت الأنواع، وليس الأفراد. بالنسبة للأفراد يمكن أن يكون عدد الوفيات أعلى بكثير، وفي كثير من الحالات، كلياً. وتدين الأنواع التي بقيت حتى الطور اللاحق من قرعة (يانصيب) الحياة بوجودها إلى بعض الناجين المروّعين والمنهكين.

وبين أوقات القتل الكبيرة، حدثت انقراضات أصغر كثيرة ومجهولة الهمفيلية Hemphillian، والفامية Famennian، والفرنزية Frasnian، والرانكولابريان Rancholabrean ومجموعة من الانقراضات الأخرى التي لم تكن مدمرة للأنواع الكلية جميعها، وإنما ضربت سكاناً معيّنين بشكل خطر في غالب الأحيان. اختفت الحيوانات التي ترعى، وبينها الأحصنة، تقريباً في الانقراض الهمفيلي منذ خمسة ملايين عام. وانحدرت الأحصنة إلى نوع واحد، ظهر بشكل متقطّع في سجل الأحافير كأنه يريد أن يوحي أنه تأرجح لبعض الوقت على حافة النسيان. تخيّلوا التاريخ البشري دون أحصنة، دون حيوانات ترعى.

ومن المحيّر أننا لا نملك تقريباً -في الحالات جميعها- فكرة عن أسباب الانقراضات الكبيرة والأكثر تواضعاً. فحتى بعد تعرية النظريات الأكثر جنوناً لا يزال هناك المزيد من النظريات بشأن سبّب حوادث الانقراض، أكثر مما كان هناك حوادث. ولكن هناك أسباب تم تحديدها كعلل أو أسباب رئيسة، وهي ازدياد حرارة الأرض، وازدياد برودتها، ومستويات البحر المتغيّرة، ونضوب الأوكسجين من البحار (وهذا وضع يُعرف باسم الأنوكسيا)، والأوبئة، والتسربات

الكبيرة لغاز الميثان من قاع البحر، والاصطدامات النيزكية، والأعاصير الجبّارة مثل الهايبركينز hypercanes، والثورانات البركانية الضخمة والشُّواظ الشمسي الكارثي.

إن هذا الأخير هو بشكل خاص احتمال مثير للاهتمام. لا أحد يعرف كم يمكن أن يكون حجم الشُّواظ الشمسي؛ لأننا كنا نراقبه فحسب منذ بداية عصر الفضاء، ولكن الشمس آلة جبارة وعواصفها ضخمة. إن شواظاً شمسياً عادياً شيء لن نلحظه حتى على الأرض سيطلق طاقة مساوية لبليون قنبلة هيدروجينية، ويقذف في الفضاء مئة مليون طن من الجزيئات القاتلة ذات الطاقة العالية. إن الغلاف المغناطيسي والغلاف الجوي يطردان الشواظ إلى الفضاء، أو يوجهانه بأمان نحو القطبين (حيث ينتج الأشفاق القطبية الشمالية والجنوبية الجميلة)، ولكن يُعتقد أن انفجاراً كبيراً غير مألوف، لنقل أكبر من الشواظ المعتاد بمئة مرة، يمكن أن يقضي على دفاعاتنا الأثيرية. إن عرض الضوء سيكون عظيماً، ولكنه سيقتل فوراً بالتأكيد نسبة عالية جداً من كل من ينعم بوهجه. فضلاً عن ذلك، والأكثر إخافة، بحسب بروس تسوروتاني من مخبر الدّفع النّفثي في وكالة ناسا: «لن يترك أثراً من التاريخ».

إن هذا يقودنا -كما عبّر أحد الباحثين عن الأمر- إلى «أطنان من التخمين وقليل جداً من الأدلة». ويبدو كأن التبريد مرتبط بثلاثة حوادث انقراض على الأقل الأوردفيشي، والديفوني والبرمي، ولكن لا يُقبل عامة غير هذا، بما فيه إن كانت حادثة معيّنة قد حدثت بسرعة أو ببطء. لا يستطيع العلماء الاتفاق، مثلاً إن كان الانقراض الديفوني المتأخر الحدث الذي تبعه تحرك الفقاريات على الأرض حدث طوال ملايين السنين، أو آلاف السنين أو في يوم واحد.

إن أحد أسباب صعوبة تقديم شروح مقنعة للانقراضات هو إنه من الصعب جداً إبادة الحياة على نطاق واسع. وكما رأينا من اصطدام مانسون، يمكن أن تتلقى الحياة ضربة عنيفة، ومع ذلك تقوم بانتعاش كامل، حتى لو افترضنا أنه

غـير مستقر. وهكـذا لماذا -مـن بـين آلاف الاصطدامات جميعها التـي تحملتها الأرض- كان اصطـدام كـي تي KT الذي حـدث منذ 65 مليون سنـة، الذي حل بالديناصـورات، مدمراً بشكل شاذ؟ حسنـاً أولاً، كان ضخماً وهائلاً. ضرب بقوة 100 ميغاطـن. ليس من السهل تخيّل انفجار كهذا، ولكن كما أشار جيمس لورنس بـاول، إذا فجـرت قنبلة بحجم قنبلـة هيروشيما لكل شخص يعيش على الأرض اليـوم، فسيظـل ينقصك نحو بليون قنبلة لتحدث أثـر اصطدام كي تي. مع ذلك، حتـى هذا وحده يمكن ألا يكون كافياً للقضاء على 70% من حياة الأرض، بما فيه الديناصورات.

كان لنيـزك كـي تي فائـدة إضافية، إذا كنـت من الثدييات، فهـي أنه نزل في بحـر قليـل العمق لا يبلغ عمقه إلا 100 متر، وعلى الأرجـح في الزاوية الصحيحة، في وقـت كانت فيه مستويـات الأوكسجين أعلى بنسبة 10% مـن الوقت الحاضر، وهكـذا كان العالم قابلاً للاحتراق أكثر. وقبل كل شيء، كان قاع البحر حيث نزل مصنوعـاً من الصخور الغنية بالكبريت. كانت النتيجة اصطداماً غيّر منطقة من قـاع البحر بحجم بلجيكـة إلى ذريرات دقيقة من حمضـ الكبريتيك. بعد شهور، خضعت الأرض لأمطار حمضية بما يكفي لحرق الجلد.

بمعنـى ما، هنـاك سـؤال أهم من: «ما الذي قضى علـى 70% من الأنواع التي كانـت موجـودة في ذلك الوقـت؟» وهو: «كيـف استطاعت الثلاثـون بالمئة المتبقية النجـاة؟» لماذا قضى الحدث على الديناصورات جميعها دون استثناء، بينما نجت زواحـف أخرى كالثعابين والتماسيح؟ لم تنقرض أي أنواع من الضفادع والسمادل والسمـادر أو قـوازب أخـرى في أمريكـة الشمالية. «لمـاذا بزغت هـذه الكائنات الحسـاسـة سليمـة من كارثة كهـذه لا نظير لها؟» كما سأل تيـم فلانيري في كتابه المذهل عن أمريكة ما قبل التاريخ، (الحدود الأبدية).

كانـت القصة نفسهـا تحدث في البحـار. تلاشت الآمونيّـة جميعها (رخويات منقرضة)، ولكـن أبناء عمومتها النوتيّـات nautiloids - التي عاشت نمط حياة مشابهـاً- نجت. ومن العوالق، انقرضت بعضـ الأنواع 92% من المنخريات، مثلاً

بينما كانت متعضيات أخرى مثل الدياتوم -المصممة لخطة مشابهة التي تعيش إلى جانبها- سليمة نسبياً.

هذه تناقضات صعبة. وكما يقول رتشارد فورتي: «لم يبدُ نوعاً ما مقنعاً أن ندعوها فقط بـ «المحظوظة» ونتركها عند هذا». إذا -كما يبدو من المحتمل بشكل كامل- تبع الحدث أشهر من الدخان المظلم الخانق، فهذا يعني أن كثيراً من الحشرات الناجية لن تستفيد. قال فورتي: «إن بعض الحشرات كالخنافس تستطيع العيش على الخشب أو أي شيء في الجوار. ولكن ماذا عن تلك التي كالنحل، التي تسافر في ضوء الشمس وتحتاج إلى غبار الطلع؟ ليس من السهل شرح سبب نجاتها».

قبل كل شيء، هناك المرجان. يحتاج المرجان إلى الأشنة كي يحيا وتحتاج الأشنة إلى ضوء الشمس، ويحتاج كلاهما إلى حد أدنى ثابت من درجة الحرارة. لقد حظي بكثير من الشهرة في الأعوام القليلة الماضية، القول: إن موت المرجان ناجم عن تغيرات في درجة حرارة البحر درجة أو ما يقارب ذلك. إذا كانت مهددة من تغيرات بسيطة، فكيف نجت من شتاء الاصطدام الطويل؟

هناك أيضاً كثير من التنوعات الإقليمية التي من الصعب شرحها. تبدو الانقراضات أقل حدة بكثير في نصف الكرة الجنوبي مما هو الأمر في نصف الكرة الشمالي. يبدو أن نيوزلندة قد نجت بشكل كامل ومع ذلك ليس فيها حيوانات جحور. حتى نباتاتها نجت بشكل كامل، ومع ذلك فإن وزن الحريق الهائل في الأمكنة الأخرى يوحي بأن الدمار كان على مستوى الكون. باختصار، هناك كثير الذي لا نعرفه.

ازدهرت بعض الحيوانات بشكل كامل، بما فيه -شكل مدهش قليلاً- السلاحف مرة أخرى. وقال فلانيري: إن المدة التي أعقبت فوراً انقراض الديناصورات يمكن أن تعرف بشكل جيد باسم عصر السلاحف. نجا ستة عشر نوعاً في أمريكة الشمالية، ثم ظهرت ثلاثة أنواع أخرى.

كان البقاء في المنزل في الشتاء مساعداً على ما يبدو. قضى اصطدام كي تي على 90% من الأنواع الأرضية تقريباً، وعلى 10% فقط من تلك التي كانت تعيش في المياه العذبة. فقد قدم الماء الحماية ضد الحرارة واللهب، ولكن من المفترض أيضاً أنه قدم الغذاء في المدة القاحلة التي تلت تبعتها. كانت حيوانات البر جميعاً التي نجت تمتلك عادة التراجع إلى بيئة أكثر أمناً في أوقات الخطر إلى الماء، أو إلى تحت الأرض قدم كل منهما مأوى معتبراً ضد التخريب الخارجي. إن الحيوانات التي تتبعت القمامة من أجل أن تحيا لا بد أنها تمتعت أيضاً بفائدة. كانت العظاءات، ولا تزال، كتيمة بشكل كبير على البكتيريا في الجثث المتآكلة. وكانت غالباً ما تنشد إليها، وكان هناك كثير من الجثث المتعفّنة لوقت طويل.

غالباً ما يُقال على نحو خاطئ: إن الحيوانات الصغيرة فحسب نجت من حادث كي تي. في الحقيقة، كان بين الناجين التماسيح، التي لم تكن كبيرة فحسب وإنما أكبر مما هي عليه الآن بثلاثة أمتار. وفي المجمل –من الصحيح– كان معظم الناجين صغاراً وماكرين. إذا كان العالم مظلماً ومعادياً فهذا هو الوقت المثالي كي تكون صغيراً، وثابت الحرارة، وناشطاً في الليل، ومرناً في الغذاء وحذراً بطبيعتك: الصفات ذاتها التي ميّزت أسلافنا من الثدييات. فلو كان تطورنا أكثر تقدماً، لكنا انقرضنا على الأرجح. وبدلاً من ذلك، وجدت الثدييات نفسها في عالم كانت مناسبة له كأي شيء حي.

على أي حال، لم يبدُ كأن الثدييات اندفعت نحو الأمام كي تملأ كل مشكاة. قال عالم الإحاثة والبيولوجيا ستيفن.م. ستانلي: «إن النشوء يمكن أن يمقت الفراغ، ولكن غالباً ما يستغرق الأمر وقتاً طويلاً لملئه». ربما بقيت الثدييات صغيرة حذرة مدة عشرة ملايين عام. وفي بداية العصر الثلثي (العصر الأول من الدهر الحديث)، لو كنت بحجم هرة بريّة لكان بوسعك أن تكون ملكاً.

حالما انطلقت الثدييات توسّعت بشكل كبير، وأحياناً إلى درجة منافية للطبيعة والعقل. كان هناك لبعض الوقت خنازير غينية بحجم كركدنات وكركدنات بحجم

منـزل بطابقـين. وأينما كان هنـاك فراغ في سلسلـة الحيوانـات الضارية، كانت الثدييات تنشأ (بالمعنى الحرفي غالباً) كي تملأه. إن الأعضاء الأوائل من حيوانات الراكون (الغريْر الأميركي) هاجرت إلى جنوب أمريكة، اكتشفت فراغاً، وتطورت إلـى حيوانات بحجم الدب ووحشيتـه. ازدهرت الطيور أيضاً بشكل غير متناسب. فطـوال ملايين السنـين، كان هنـاك طائر عملاق، لا يطير، لاحـم يُدعى تيتانيس Titanis، ومـن المحتمل أنه كان الحيوان الأكـثر وحشية في أمريكة الشمالية. كان بالتأكيد الطائر الأكثر إثارة للخوف الذي سبق أن وُجد. كان ارتفاعه ثلاثة أمتار، ويزن أكثر من 350 كيلوغراماً، وله منقار يستطيع أن يقطع رأس أي شيء يزعجه. عاشت عائلته مهيمنة خمسين مليون سنة، ولكن لم يعرف أحد أنه وُجد إلى أن عثر على هيكل عظمي له في فلوريدة عام 1963.

يقودنا هـذا إلى سبب آخر لعدم يقيننا بالانقراضـات: ضآلة سجلّ الأحافير. تحدثنا سابقاً عن صعوبة تحول أي مجموعة من العظام إلى أحافير، ولكن السجل سيئ بالفعل أكثر مما نتصور. فكّروا في الديناصورات. إن المتاحف تقدّم انطباعاً بأنـه لدينا وفرة عالمية مـن أحافير الديناصورات. في الواقـع إن عروض المتاحف الطاغية هي اصطناعية. إن الديناصور العاشب العملاق الذي يهيمن على مدخل صالة متحف التاريخ الطبيعي في لندن، الذي أمتع وعلّم أجيالاً من الزوّار مصنوع بشـكل كامل من الجصّ. بني عام 1903 في بطرسبرغ وقدمـه إلى المتحف أندرو كانريجـي. أما صالة الدخـول في المتحف الأميركي للتاريـخ الطبيعي في نيويورك فيهيمن عليها مشهد أكثر عظمة: هيكل عظمي لباروسوروس Barosaurus ضخم يدافع عن طفله من هجوم ألوسوروس allosaurus طائر وبارز الأسنـان. إنه عرض مؤثر بشكل رائع. يبلغ ارتفاع الباروسوروس 9 أمتار، ولكنه مزيف بشكل كامل. إن كل عظم من العظام المعروضة التي يبلغ عددها عدة مئات هي مصبوبة. زوروا أي متحف تاريخ طبيعي ضخم في العالم في باريس وفيينا وفرانكفورت وبوينس آيرس ومكسيكو سيتي وما سيستقبلكم هي أشكال قديمة وليس عظاماً قديمة.

لا نعـرف في الواقـع كثـيراً عـن الديناصـورات. لم يحـدد من مجمـل عصر الديناصـورات إلا ألف نوع (عرف نصفهـا تقريباً من عيّنة واحدة)، التي هي ربع عدد الأنواع الثديية الحية اليوم تقريباً. ضعوا في أذهانكم أن الديناصورات حكمت الأرض أكثر من الثدييات بثلاث مرات تقريباً، وهكذا فإما أن الديناصورات كانت غـير منتجة للأنواع بشكل لافـت، أو ربما بالكاد خدشنا السطـح (إذا استخدمنا الكليشيه الطيّعة بشكل لا يُقاوم).

لم يُعثر على أحفور واحد طـوال ملايين السنين في أثناء عصر الديناصورات. حتـى في العصـر الطباشـيري العصر الذي دُرس أكثر من غيره هنـاك، بفضل اهتمامنـا الطويـل بالديناصـورات وانقراضهـا، نعلم أن نحو ثلاثـة أرباع من كل الأنواع التي عاشت لم تكتشف بعد. من المحتمل أن حيوانات أكبر من الديناصورات العاشبة أو أكثر مقتاً من التيرانوصورات (ديناصورات ضخمة لاحمة) طافت على الأرض بالآلاف، ويمكن ألا نعرف ذلك أبداً. وحتى وقت متأخر جداً، جاء كل ما هو معـروف عن الديناصورات في هذا العصر من نحو ثلاث مئة عيّنة فقط تمثّل ستة عشر نوعاً. قادت ضآلة السجلّ إلى اعتقاد واسع الانتشار بأن الديناصورات كانت في طريقها إلى الانقراض حين حصل اصطدام كي تي.

في أواخـر الثمانينيـات قرر عالم إحاثـة من متحف ميلوكي العـام يدعى بيتر شيهان القيام بتجربة. مستخدماً 200 متطوع، قام بإحصاء مجهد لمنطقة محددة جيـداً ومنتقـاة، جيداً هي (هل كريـك فورميشين) في مونتانـة. غربل المتطوعون بدقـة، وجمعـوا كل الأسنـان والفقـرات وقشور العظـام، وكل ما أهملـه المنقّبون السابقون. استغـرق العمل ثلاث سنوات. حين انتهوا، اكتشفوا أنهم ضاعفوا أكثر مـن ثلاث مرات من أجل الكوكـب عدد أحافير الديناصورات مـن أواخر العصر الطباشـيري. ووصل المسح إلى أن الديناصورات بقيت عديدة حتى زمن اصطدام كـي تي. وقـال شيهان: «ليس هنـاك سبب للاعتقاد بـأن الديناصورات كانت تنفق بالتدريج في أثناء الأعوام الثلاثة ملايين الأخيرة من العصر الطباشيري».

الفصل الثاني والعشرون

غنى الوجود

في متحف التاريخ الطبيعي في لندن، وداخل تجاويف مضاءة من الداخل في المعابر، أو بين علب زجاجية من المعادن وبيض النعام والأشياء المتناثرة بغير انتظام، التي تعود إلى قرن أو أكثر، تتوزّع أبواب مغفلة، لا تجذب انتباه الزوّار. وبين فينة وأخرى يمكن أن تشاهد شخصاً ما شارداً وبِشَعْر فوضوي بشكل متعمد وممتع. إنه أحد الباحثين الذي يبزغ من الأبواب ويسرع عبر ممر، كي يختفي عبر باب آخر أبعد بقليل، ولكن هذا حدث نادر نسبياً. ففي معظم الأحيان تبقى الأبواب مغلقة، ولا تمنح تلميحاً أنه يوجد خلفها متحف طبيعي آخر مماثل أكبر وأروع من ذلك الذي يعرفه العامة ويعشقونه.

يحتوي متحف التاريخ الطبيعي على سبعين مليون شيء من ميادين الحياة وزوايا الكوكب جميعها، ويضاف إلى المجموعة مئة ألف شيء كل عام، ولا يمكن أن تفهم أي كنز منزلي يمثله هذا المخزن إلا خلف الستائر. ففي غرف طويلة ملأى برفوف قريبة من بعضها يُحفظ عشرات الآلاف من الحيوانات المخللة في الزجاجات، وملايين الحشرات مثبتة على مربعات من الأوراق، وأدراج من الرخويات البرّاقة، وعظام ديناصورات، وجماجم بشر أوائل، وطيات لا تنتهي من النباتات المضغوطة بأناقة. يبدو الأمر قليلاً وكأنك تتجول في دماغ دارون. إن غرفة الكحول وحدها تحتوي على رفوف عليها أوانٍ فوق أخرى فيها حيوانات محفوظة في الكحول الميثل.

ثمة عيّنات جمعها جوزف بانكس من أسترالية، وألكسندر فون همبولتمن من الأمازون ودارون في رحلة البيجل، وكثير من الأشياء الأخرى التي هي إما نادرة جداً أو مهمة تاريخياً أو كلا الأمرين. يحب كثير من الأشخاص اقتناء أمور كهذه. وهناك قلة تقتني مثلها. وفي عام 1954 حصل المتحف على مجموعة

مميزة من الطيور من عزبة جامع مخلص يدعى رتشارد ماينرتزاغن Richard Meinertzhagen، الذي ألّف كتاب (طيور شبه الجزيرة العربية)، بالإضافة إلى أبحاث أخرى. كان من المسهمين المخلصين في المتحف طوال سنوات، وكان يأتي يومياً كي يسجّل ملاحظات لتأليف كتبه ودراساته. حين وصلت الصناديق قام أوصياء المتحف بفتحها بلهفة؛ كي يشاهدوا ما تُرك وقد فوجئوا، إذا قلنا بخفة، حين اكتشفوا أن عدداً ضخماً من العيّنات كانت تحمل اسم المتحف نفسه. وتبيّن أن السيد ماينرتزاغن كان يأخذ من مجموعتهم طوال سنوات. وهذا فسّر سبب ارتدائه لمعطف ضخم في أثناء الطقس الدافئ.

بعد بضع سنوات قبض على زائر منتظم عجوز في قسم الرخويات «كان سيداً مميزاً»، كما قيل لي وهو يضع أصدافاً بحرية قيّمة في السيقان المجوفة لعكازه.

«لا أفترض أن هناك أي شيء لا يشتهيه شخص ما في مكان ما»، قال رتشارد فورتي وهو يفكّر فيما كان يقودني في زيارة للعالم الساحر، الذي خلف الستائر في المتحف. تجولنا عبر أقسام مشوشة حيث كان أشخاص يجلسون حول طاولات ضخمة منكبين على القيام باستقصاءات عن المفصليات وسعف النخل وعلب من العظام المصفرّة. كان هناك في الأمكنة جميعها جو من التأني، أشخاص منخرطون في مسعى هائل لا يمكن أن يكتمل ويجب ألا يكون مستعجلاً. وفي 1967 -كما قرأت- أصدر المتحف تقريره عن حملة جون مري، وهو مسح للمحيط الهندي، بعد أربع وأربعين سنة من اختتام الحملة. هذا عالم تتحرك فيه الأشياء بسرعتها الخاصة، بما فيه مصعد صغير استخدمته أنا وفورتي مع رجل كبير السن يبدو باحثاً تحدث معه فورتي بدماثة ودّية، فيما كنا نصعد بالسرعة التي تترسب فيها الرسابة.

حين رحل الرجل، قال لي فورتي: «إنه شخص ظريف جداً يُدعى نورمان أمضى 42 سنة وهو يدرس عيّنة واحدة من النبات،عشبة القديس جون. استقال في عام 1989، ولكنه لا يزال يأتي كل أسبوع».

سألته: «كيف تُمضي اثنتين وأربعين سنة على عيّنة واحدة من النبات؟».

«هذا لافت للنظر، أليس كذلك؟»، وافق فورتي. فكّر للحظة. «إنه دقيق ومتأنٍّ جداً على ما يبدو». فُتح باب المصعد كي يكشف فتحة مسقوفة بالآجر. بدا فورتي مذهولاً. قال: «هذا غريب جداً. كان هذا خاصاً بالنباتات». ضغط على زر إلى طابق آخر، ثم عثرنا على طريقنا أخيراً إلى النباتات عن طريق درج خلفي ومعبر جميل عبر المزيد من الأقسام، حيث كان الباحثون يعكفون على دراسة الأشياء التي كانت حية مرة. وهكذا تم تعريفي على (لين إليس) والعالم الهادئ للطحلبيّات.

حين قال إمرسون بشكل شاعري: إن الطحالب تفضّل الجوانب الشمالية من الأشجار (الطحلب الذي فوق لحاء الغابة، كان نجماً قطبياً حين كان الليل مظلماً) كان يعني في الحقيقة الأشنة، ذلك أنه في القرن التاسع عشر لم يكن يُميّز بين الطحالب والأشنيات. فالطحالب الحقيقية لا يهمها كثيراً أين تنمو، وهكذا فهي ليست جيدة كبوصلات طبيعية. والواقع أن الطحالب ليست مفيدة في أي شيء. قال هنري س. كونراد، بحزن على الأرجح في كتاب كيف نعرف الطحالب وحشيشة الكبد الذي نُشر في عام 1956، ولا يزال يوجد على رفوف المكتبات بوصفه محاولة أولى لتعميم هذا الموضوع: «ربما لا توجد مجموعة كبيرة من النباتات لها فوائد تجارية واقتصادية قليلة كالطحالب».

إنها -على أي حال- غزيرة. إذا أزيلت الأشنيات، فإن الطحلبيات مملكة مشغولة، فيها أكثر من عشرة آلاف نوع محتوى داخل سبع مئة جنس. إن كتاب الأزهار الطحلبية في بريطانية وأيرلندة الضخم والمهيب الذي ألّفه إي.جي.إي سميث، يصل إلى سبع مئة صفحة، بالرغم من أن بريطانية وأيرلندة لا تكثر فيهما الطحالب. أخبرني لين إليس: «في المناطق الاستوائية تعثر على التنوّع». إنه رجل نحيل، عمل في متحف التاريخ الطبيعي مدة 27 عاماً وصار مدير القسم منذ 1990. «تستطيع الذهاب إلى أمكنة كالغابات المطرية في ماليزيا، وتعثر على تنوّعات جديدة بسهولة نسبية. فعلت ذلك بنفسي منذ مدة قصيرة. نظرتُ إلى الأسفل وكان هناك أنواع لم تُسجّل أبداً».

«وهكذا لا نعرف كم هناك من الأنواع التي لم تُكتشف بعد؟».

«كلا، ليست لدينا أدنى فكرة».

يمكن ألا تعتقدوا أنه سيكون هناك كثير من الأشخاص في العالم مستعدين كي يكرسوا حياتهم لدراسة شيء غير ذي أهمية، ولكن عدد المهتمين بالطحالب، في الواقع -يبلغ المئات ويمتلكون مشاعر قوية تجاه موضوعهم- أخبرني إليس: «آه، نعم، يمكن أن تصبح الاجتماعات حيوية جداً أحياناً».

سألته عن مثال عن الجدل.

«حسناً، هناك جدل سلطه علينا أحد أبناء بلدك»، قال وهو يبتسم بخفوت، وفتح مرجعاً كبيراً يحتوي على رسوم للطحالب التي كانت صفتها الأكثر بروزاً للعين غير المدربة، هي تشابهها الواضح مع بعضها بعضاً. قال وهو يشير إلى نبتة من الطحالب: «اعتادت هذه أن تكون جنساً واحداً، يدعى دريبانوكلادوس Drepanocladus. والآن أعيد تنظيمه في ثلاثة: دريبانوكلادوس Drepanocladus، وأرنستورفيا Warnstorfia، ومهماتاكوليس Hamatacoulis».

«وهل أدى هذا إلى لكمات؟» سألت بلمسة أمل ربما.

«حسناً، كان له معنى. معنى تام. ولكنه عنى أننا يجب أن نقوم بكثير من إعادة ترتيب المجموعات، وجَعَلَ الكتب جميعاً دون فائدة لبعض الوقت، وهكذا كان هناك قليل من التذمّر».

تشكّل الطحالب ألغازاً أيضاً، كما أخبرني. وفي إحدى الحالات المشهورة للمهتمين بالطحالب جميعاً، كان هناك نوع متقاعد يدعى هيوفيلا ستانفوردنسيس Hyophila stanfordensis، اكتُشف في حرم جامعة ستانفورد في كاليفورنية، وعثر عليه فيما بعد ينمو إلى جانب ممر في كورنوال، ولكن لم يُر في أي مكان بينهما. كيف حدث ووُجد في مكانين غير متصلين، أمر لا أحد يعرف عنه شيئاً. قال إليس: «يعرف الآن باسم هينيديلا ستانفوردنسيس Hennediella stanfordensis. وهذا تنقيح آخر».

هززنا رأسينا مفكرين.

حين يُعثر على طحلب جديد يجب أن يُقارن مع جميع الطحالب الأخرى؛ للتأكد من أنه لم يُسجّل من قبل. ثم يجب أن يُكتب وصف شكلي وتُلتقط صور وتُنشر النتيجة في مجلة محترمة. ونادراً ما تأخذ العملية كلها أقل من ستة أشهر. لم يكن القرن العشرون قرناً عظيماً لعلم تصنيف الطحالب. فقد كُرِّس عمل القرن معظمه لحل الفوضى والتكرارات التي خلّفها القرن التاسع عشر.

كان هذا العصر الذهبي لجمع الطحالب (يمكن أن تتذكروا أن والد تشارلز ليل كان جامع طحالب عظيماً). وهناك شخص دعي بشكل مناسب بالإنكليزي، هو جورج هنت، جمع الطحالب الإنكليزية بمواظبة وربما أسهم في انقراض عدة أنواع. ولكن بفضل جهود كهذه إن مجموعة (لين إليس) هي الأشمل في العالم. إن عيناته البالغ عددها 780,000 ضُغطت في أوراق مطوية كبيرة من الورق الثقيل، بعضها قديم جداً ومغطى بكتابة فكتورية تشبه نسيج العناكب. إن كل ما نعرفه هو أن روبرت براون، عالم النبات الفكتوري العظيم كتب بعضها، وكشف النقاب عن الحركة البراونية ونواة الخلايا، وأسس وأدار قسم النبات في المتحف في سنواته الإحدى والثلاثين الأول إلى أن وافته المنية في عام 1858. حُفظت العيّنات جميعها في خزن لامعة من خشب الماهوغاني الرائعة التي أشرت إليها.

«آه، هذه كانت للسير جوزف بانكس، من منزله في حي سوهو»، قال إليس تلقائياً، وكأنه يشير إلى عملية شراء حديثة من إكيا Ikea. «لقد بناها؛ كي تحمل عيّناته من رحلة الإنديفور». نظر إلى الخزن مفكراً، وكأنه ينظر إليها للمرة الأولى في مدة طويلة، وقال: «لا أعرف كيف وصلنا إليها في علم الطحالب».

كان هذا كشفاً مذهلاً. كان جوزف بانكس أعظم عالم نبات في بريطانية، وفي رحلة الإنديفور التي رسم فيها القبطان كوك عبور كوكب الزهرة في عام 1769 وطالب بضم أسترالية إلى التاج، بين أمور كثيرة كانت أعظم رحلة نباتية في

التاريخ. دفع بانكس 10,000 باوند، نحو 600,000 جنيه بنقود اليوم؛ كي يشارك هو وفريق من تسعة أشخاص هم عالم طبيعي، وسكرتير، وثلاثة فنانين وأربعة خدم في المغامرة التي استمرت ثلاث سنوات حول العالم. لا أحد يعرف ما الذي فعله الكابتن كوك بتلك المجموعة المدللة والمخملية، ولكن بدا كأنه أحب بانكس بما يكفي وأعجب بمواهبه في النباتات، وهذا شعور شاركته فيه الأجيال اللاحقة.

لم يحدث من قبل أن أنجز فريق نباتي انتصارات أعظم. وكان السبب في ذلك أن الرحلة شملت كثيراً من الأمكنة الجديدة المعروفة قليلاً تييرا ديل فويغو، وتاهيتي، ونيوزلندة، وأسترالية، وغينية الجديدة ولكن كان السبب الأهم في ذلك هو أن بانكس كان جامعاً ذكياً ومبتكراً. حتى حين لم يكن قادراً على النزول إلى شاطئ ريو دي جانيرو بسبب حجر صحي، غربل كمية من العلف لحيوانات السفينة وقام باكتشافات جديدة. لا شيء أفلت من انتباهه. أحضر معه ثلاثين ألف عينة من النباتات، وبينها 1400 لم تشاهد من قبل، ما يكفي كي يضيف الربع إلى عدد النباتات المعروفة في العالم.

ولكن مخزون بانكس الكبير كان جزءاً فحسب من الحمل الكلي فيما كان عصراً نهماً للجمع. إذ صار جمع النباتات في القرن الثامن عشر نوعاً من الهوس العالمي. وكان المجد والثروة على السواء ينتظران أولئك الذين يستطيعون العثور على أنواع جديدة، وذهب علماء النبات والمغامرون إلى أكثر المناطق بعداً؛ كي يشبعوا شهوة العالم للجدة الجنانيّة. إن توماس نوتال -الرجل الذي سمّى نبات الوستارية المتعرّش على اسم كاسبار ويستار- جاء إلى أمريكة عامل طباعة غير متعلّم اكتشف ولعه بالنباتات وكان يجتاز نصف البلاد ويعود ثانية، جامعاً مئات النباتات التي لم تُر من قبل. وأمضى جون فريز -الذي سُمي التنّوب (فريزر فير) على اسمه- سنوات في البرية يجمع لصالح كاثرين العظيمة واكتشف أن القيصر الروسي اعتقد أنه مجنون ورفض أن يصادق على عقده. أخذ فريزر كل شيء إلى تشيلسي، حيث افتتح داراً للحضانة النهارية وحقق دخلاً جيداً من بيع أزهار الرهودودندرونز rhododendrons، الأزاليّة والمنغوليا ونبات فرجينيا

المتسلق وزهرة النجمة وغرائب أخرى كولونيالية لأبناء الطبقة العليا المسرورين.

كان من الممكن جمع مبالغ كبيرة عبر الاكتشافات المناسبة. فقد أمضى عالم النبات الهاوي جون ليون عامين صعبين وخطرين في جمع العيّنات، ولكنه حصل على ما يعادل 125,000 باوند مقابل جهوده. وقد فعل كثيرون هذا لمجرد حب النباتات فحسب. ومنح نوتال في النهاية معظم ما اكتشفه لحدائق ليفربول النباتية. وفي النهاية أصبح مدير حديقة هارفارد النباتية، ومؤلف موسوعة أجناس نباتات أمريكة الشمالية (الذي لم يكتبه فحسب وإنما نضّده أيضاً).

كانت هذه نباتات فحسب. كان هناك أيضاً الحياة الحيوانية للعوالم الجديدة: الكناغر، والكيوي، والراكون، والهر البري والبعوض وأشكال أخرى غريبة خارج التصور. كان حجم الحياة على الأرض لانهائياً على ما يبدو، كما قال جوناثان سويفت في بعض الأسطر الشهيرة:

وهكذا يرصد علماء الطبيعة برغوثاً

تتغذى عليه براغيث أصغر

وهناك أخرى أصغر تتغذى على هذه

وهكذا تمضي الأمور إلى ما لا نهاية.

كانت هذه المعلومات الجديدة جميعها بحاجة إلى تصنيف وترتيب ومقارنة بما كان معروفاً. كان العالم متلهفاً لوضع منهج تصنيف قابل للعمل. ولحسن الحظ كان هناك رجل في السويد مستعدٌ لتقديمه.

كان اسمه كارل ليني (تغيّر فيما بعد -بإذن- إلى الاسم الأكثر أرستقراطية فون ليني)، ولكنه يُذكر الآن بالصيغة اللاتينية كارولس لينييوس. ولد عام 1707 في قرية راسهولت في جنوب السويد، ابناً لراعي أبرشية لوثري فقير وطموح، وكان طالباً كسولاً بحيث إنّ والده الغاضب مرّنه لدى إسكافيّ. خائفاً من احتمال قضاء حياته وهو يدق المسامير في الجلد، توسّل الصغير ليني من أجل فرصة أخرى،

فمُنحت له، ولم يتعثر بعد ذلك أبداً في التميز الأكاديمي. درس الطب في السويد وهولندة، بالرغم من أنه صار مولعاً بالعالم الطبيعي. وفي أوائل ثلاثينيات القرن التاسع عشر، وكان لا يزال في العشرينيات من عمره، بدأ بإنتاج كتب شارحة عن نباتات العالم والأنواع الحيوانية، مستخدماً منهجاً من استنباطه هو، ونمت شهرته بالتدريج.

نادراً ما كان هناك رجل أكثر ارتياحاً في عظمته. أمضى كثيراً من أوقات فراغه وهو يغالي في تصوير نفسه وإطرائها، معلناً أنه «لم يكن هناك عالم نبات أو حيوان أعظم منه»، وأن منهجه في التصنيف كان «أعظم إنجاز في حقل العلم». وبوقار، اقترح أن شاهدة قبره يجب أن تحمل نقش «أمير علماء النبات» Princeps Botanicorum. ولم يكن من الحكمة أبداً التشكيك بتقويماته الذاتية الكريمة. أولئك الذين فعلوا هكذا كانوا عرضة لاكتشاف أن أعشاباً سُمِّيَتْ باسمهم.

كانت صفة لينييوس الأخرى المدهشة هي انشغال ثابت أحياناً محموم بالجنس. كان مدهوشاً خصوصاً من التشابه بين أنواع معينة من ذي المصراعين(*) وفرج المرأة. ومنح لأجزاء من نوع واحد من البطلينوس أسماء كالفرج، والشّفر، والعانة والشَّرج وغشاء البكارة. وصنّف النباتات بحسب طبيعة أعضائها التناسلية ومنحها بعداً غرامياً بشرياً آسراً. إن وصفه للأزهار وسلوكها مملوء بالإشارات إلى «جماع إباحي»، «والعاهرات غير المتعات»، و«السرير الزوجي». وفي الربيع كتب نصاً غالباً ما يُقتبس:

«حتى النباتات تعشق. فهي، ذكوراً وإناثاً... تكشف عن أعضائها التسافدية... مظهرة أيّها ذكور وأيها إناث. تقدّم أوراق الأزهار سرير الزفاف الذي رتّبه الخالق بتناسق عظيم، وعطّره بكثير من العطور الخفيفة بحيث إنّ العريس يمكن أن يحتفل هناك مع عروسه ويتسافدا بوقار أعظم. حين يكون السرير مجهّزاً هكذا، يحين الوقت للعريس كي يعانق محبوبته ويسلّم نفسه إليها».

(*) حيوان رخوي كالمحار أو البطلينوس ذو صدفة تتألف من جزأين يُعرفان بـ «المصراعين».

سمّى جنساً من النبات باسم البظر Clitoria. ومن غير المفاجئ أن كثيراً من الناس ظنّوه غريب الأطوار. ولكن منهجه في التصنيف كان لا يُقاوم. وقبل لينييوس مُنحت النباتات أسماء كانت وصفية بشكل واسع. فالكرز الأرضي الشائع كان يُسمّى Physalis amno ramosissime ramis angulosis glabris foliis dentoserratis. جعله لينييوس Physalia angulata، وهو الاسم الذي يستخدمه اليوم. كان عالم النبات يتّسم بالفوضى والتناقض في الأسماء. ولم يكن بوسع عالم النبات التأكد أن Rosa sylvestris alba cum rubore, folio glabro لم تكن النبتة نفسها التي دعاها آخرون Rosa sylvestris inodora seu canina. حلّ لينييوس اللغز عبر تسميتها Rosa canina. ولجعل عمليات الشطب هذه دقيقة ومقبولة للجميع كان الأمر يقتضي أكثر بكثير من كون المرء مصمماً. كان الأمر يحتاج إلى غريزة، إلى عبقرية، في الحقيقة لتحديد الصفات البارزة لنوع.

لم يكن منهج لينييوس مكتملاً، بحيث يجعلنا لا نفكر ببديل، ولكن قبل لينييوس، كانت مناهج التصنيف نزوية بشكل كبير. يمكن أن تُصنّف الحيوانات وفق إن كانت برية أو أليفة، وبرية أو مائية، وكبيرة أو صغيرة، حتى لو اعتُقد أنها أنيقة ونبيلة أو دون أهمية. رتّب بفون Buffon حيواناته عن طريق منفعتها للإنسان. ولم تدخل الاعتبارات التشريحية في الموضوع إلا نادراً. وجعل لينييوس عمل حياته أن يصحّح هذا النقص عن طريق تصنيف كلّ ما هو حيّ بحسب مواصفاته الجسدية. إن علم التصنيف لم ينظر إلى الخلف أبداً.

استغرق كل هذا وقتاً، بالطبع. كانت الطبعة الأولى لكتابه العظيم نظام الطبيعة التي صدرت في 1735 مؤلفة من أربع عشرة صفحة فحسب. ولكنه ازداد تدريجياً، إلى أن وصل في الطبعة الثانية عشرة آخر طبعة رآها لينييوس قبل وفاته إلى ثلاثة مجلدات و2,300 صفحة. وفي النهاية، سمّى وسجّل ثلاثة عشر ألف نوع من النبات والحيوان. كان هناك أعمال أخرى أكثر شمولاً كتاب جون ري المؤلف من ثلاثة مجلدات، التاريخ الطبيعي للنبات Historia Generalis Plantarum

في إنكلترة -الذي أُكمل قبل جيل- غطّى ما لا يقلّ عن 18,625 نوعاً من النبات. ولكن ما كان يتسم به لينييوس ولم يستطع أحد تحقيقه كان الانسجام والترتيب والبساطة والتوقيت. وبالرغم من أن عمله يعود إلى ثلاثينيات القرن الثامن عشر، لم يشتهر في إنكلترة حتى الستينيات، تماماً في الوقت المناسب لجعل لينييوس أباً لعلماء الطبيعة البريطانيين. ولم يتم تبني منهجه في أي مكان بحماس أكبر (ولهذا السبب يقع مقر الجمعية اللينييوسية في لندن وليس في ستوكهولم).

لم يكن لينييوس دون أخطاء. منح مجالاً للوحوش الأسطورية و«لبشر متوحّشين»، وقبل الوصف الساذج لبحارة ومسافرين آخرين واسعي المخيلة. فقد ذكر أن هناك إنساناً برياً يسير على أربع ولا يتقن فن الكلام، وهناك «الإنسان الذي له ذيل». كان العصر آنذاك -كما يجب ألا ننسى- أكثر سذاجة. فحتى جوزف بانكس العظيم صدق وجود حوريات الماء مقابل الساحل الأسكتلندي في نهاية القرن الثامن عشر. غير أن أخطاء لينييوس كان يقابلها علم تصنيف عقلاني ومتألق. وبين إنجازات أخرى، رأى أن الحيتان تُصنّف مع الأبقار والفئران وحيوانات أخرى برية مألوفة في رتبة رباعية الأرجل (غُيّرت فيما بعد إلى الثدييات)، وهذا لم يفعله أحد من قبل.

في البداية، نوى لينييوس أن يمنح كل نبتة اسم جنس ورقماً اللبلاب 1، اللبلاب 2 وهكذا دواليك، ولكنه أدرك حالاً أن هذا غير مُرضٍ، ثم لجأ إلى الترتيب ثنائي التسمية (الذي يشير إلى الجنس وإلى النوع) الذي بقي في قلب المنهج حتى اليوم. وكان الهدف من هذا في البداية هو استخدام منهج التسمية الثنائية من أجل كل شيء: الصخور والمعادن والأمراض والرياح وكل ما وُجد في الطبيعة. لم يقبل الجميع هذا المنهج. تضايق كثيرون من ميله إلى قلّة الاحتشام، مما كان ينطوي قليلاً على مفارقة بما أنه قبل لينييوس كانت الأسماء الشائعة لكثير من النباتات والحيوانات سوقية حقاً. كانت الهندباء البرية معروفة لوقت طويل وبشكل مشهور باسم بيسابيد بسبب مواصفاتها المدرّة للبول، وكان من الأسماء الأخرى

المتداولـة في الاستخدام اليومي: ضُراط الفرس، السيدات العاريات، الخصيتان المرتعشتـان، بـول الكلب، الشرج المفتـوح ومنديل المؤخرة. إن واحـداً أو اثنين من هذه الألقاب الأرضية يمكن أن يبقيا في الإنكليزية بشكل غير متعمد. فاسم «شعر العـذراء» الذي يشير إلى كُزبرة البئر (نـوع من السرخسيات) لا يشير إلى الشعر علـى رأس عـذراء. على أي حال، شُعـر لوقت طويل أن العلـوم الطبيعية ستُحترم وتُقـدّر مـن خلال جرعة من إعـادة التسمية الكلاسيكية، وهكـذا فقد كان هناك مقـت معيّن في اكتشاف أن الشخص الذي عيّن نفسـه أميراً لعلم النبات استخدم تسميات مثل البظر والزنا، والفرج.

مـع مرور الأعوام، تم إسقـاط معظم هذه الأسماء: إن اسـم slipper limpet الشائـع لا يـزال يعـبّر في المناسبـات الرسميـة عـن Crepidula fornicate وتم إدخـال كثير مـن عمليات الصقـل بعد أن صـارت حاجات العلـوم الطبيعية أكثر تخصّصـاً. وتم تدعيـم المنهج بالإدخال التدريجي لتراتبيـات إضافية. واستخدم العلمـاء الجنس والنوع لأكثر من مئة عام قبل لينييوس، ودخلت الرتبة والطائفة والفصيلة، بمعناها البيولوجي، إلى الاستخدام في خمسينيات القرن التاسع عشر وستينياتـه. ولكـن الشّعبة لم تنحت ككلمـة حتى 1876 (على يـد الألماني إرنست هايكيـل)، وعوملت الفصيلة والرتبة كقابلتين للتبادل حتى أوائل القرن العشرين. واستخـدم علماء الحيوان لبعض الوقـت الفصيلة، حيث استخـدم علماء النبات الرتبة، مما سبب التشوش لدى الجميع أحياناً(*) .

قسـم لينييوس العـالم الحيواني إلى ست فئات: الثدييـات والزواحف والطيور والأسمـاك والحشرات والديدان، لـكل مالم يتلاءم مع الأقسـام الخمسة الأولى.

(*) مـن أجـل الإيضاح، إن البشر هم في حقل اليوكاريـا eucarya، وفي مملكة الحيوان، وفي شعبة الحبليّات، وفي الشعبة الفرعية للفقاريات، وفي فصيلة الثدييات، وفي رتبة الحيوان الرئيس، وفي فصيلـة البشريّات، ومن جنس الإنسان، ومن نوع العاقل. (وقيـل لي: إن التقليد المتّبع هو وضع أسمـاء الجنـس والنـوع في المائل، ولكن ليس تلك التـي من أقسام أعلـى). ويوظّف بعض علماء التصنيف المزيد من التقسيمات الفرعية: الفئة، والرتبة الفرعية، وما تحت الرتبة وغير ذلك.

ومن البداية كان واضحاً أن وضع الكركدن والقريدس في الفئة نفسها مع الديدان لم يكن مرضياً، وتم إنشاء فئات متنوعة كالرخويات والقشريات. ولسوء الحظ لم تكن هذه التصنيفات الجديدة تطبق بشكل مشترك بين بلد وآخر. وفي محاولة لإعادة تأسيس النظام، وضع البريطانيون عام 1842 مجموعة جديدة من القوانين دعيت قوانين ستريكلاند، ولكن الفرنسيين اعتبروا هذا اعتباطياً وجابهته جميعة الحيوان بقوانينها المضادة. في غضون ذلك، قررت جمعية الطيور الأميركية، لأسباب غامضة، استخدام طبعة عام 1758 من كتاب نظام الطبيعة كأساس لكل تسمياتها، بدلاً من طبعة 1766 المستخدمة في أمكنة أخرى، مما عنى أن معظم الطيور الأميركية أمضت القرن التاسع عشر موضوعة في أجناس مختلفة عن أبناء عمومتها من الطيور الأوروبية. بدأ علماء النبات أخيراً يظهرون روح تسوية ويتبنون قوانين كونية في عام 1902، وفي اجتماع للمجلس العالمي لعلم الحيوان.

يُوصف علم التصنيف أحياناً بأنه علم وأحياناً بأنه فن، ولكنه في الواقع ساحة معركة. وحتى اليوم ثمة فوضى في المنهج أكثر مما يدرك معظم الناس. خذوا فئة الشعبة، القسم الذي يصف الخطط الجسدية الأساسية للمتعضيات. إن بعض الشعب معروفة جيداً بشكل عام كالرخويات (منزل البطلينوس والحلازين)، المفصليات (الحشرات والقشريات) والحبليّات (كلنا وكل الحيوانات التي بعمود فقري أو عمود فقري أوليّ)؛ بعد ذلك تتحرك الأشياء بسرعة نحو الغموض. وبين الغامض يمكن أن نسجّل الجناثوستوموليدا gnathostomulida (الديدان البحرية)، اللواسع (قناديل البحر، ورئات البحر، وشقيق البحر والمرجان) والبريابوليدا Priapulida (أو الديدان القضيبية الصغيرة). وسواء كانت معروفة أم لا، فإن هذه تقسيمات جوهرية. ومن المفاجئ أن هناك القليل من الاتفاق حول كم هناك من الشُّعب وكم يجب أن يكون. ويثبت معظم علماء البيولوجيا العدد الكليّ في نحو الثلاثين، ولكن بعضهم يؤثرون عدداً منخفضاً هو عشرون بينما يرفع إدوارد أو. ولسون في كتابه تنوّع الحياة العدد بقوة مفاجئة إلى 89. وهذا

يعتمد على إن قررت أن تقوم بتقسيماتك، سواء كنت جامعاً من غير تمييز أو مصنّفاً تقسيمياً كما يقولون في عالم البيولوجيا.

إن احتمالات الخلاف أكثر حدة على المستوى العملي اليومي الأكبر للأنواع. فكل نوع من الأعشاب يُدعى إجيلبوس إنكورفا Aegilops incurva، إجيلبوس إنكورفاتا Aegilops incurvata، أو أرجيلوبس أوفاتا Argilops ovata يمكن ألا يشكل مسألة تثير كثيراً مشاعر غير علماء النبات، ولكنها يمكن أن تكون مصدراً لحرارة حيوية جداً في الأمكنة الملائمة. والمشكلة هي أن هناك خمسة آلاف نوع من العشب ويبدو كثير منها متشابهاً بشكل كريه حتى بالنسبة للمختصين بالأعشاب. عُثر أخيراً على بعض الأنواع وسمّيت على الأقل عشرين مرة، وبالكاد هناك أي منها -كما يبدو- لم يُحدد بشكل مستقل على الأقل مرتين. إن كتيب أعشاب الولايات المتحدة المؤلف من جزأين يكرس 200 صفحة لتحديد المترادفات، كما يشير عالم البيولوجيا إلى تكراراته غير المقصودة ولكن الشائعة جداً. وهذا فقط بالنسبة لأعشاب بلاد واحدة.

ومن أجل التعامل مع الخلافات على المسرح العالمي هناك هيئة تُعرف باسم الجمعية العالمية لعلم تصنيف النباتات تفصل في مسائل الأسبقية والتكرار. وفي أوقات فاصلة تصدر مرسومات معلنة أن زوستشينريا كاليفورنيكا Zauschneria californica (نبتة شائعة في الحدائق الصخرية) يجب أن تُعرف من الآن فصاعداً باسم إبلوبيوم كانم Epilobium canum؛ أو أن ألاأوثامنيون تنويسيمم Alaothamnion tenuissimum يُمكن أن تُعدّ الآن من النوع نفسه من أجلا أوثامنيون بايسويدس Aglaothamnion byssoides، ولكن ليس من أجلا أوثامنيون سيدوبايسويدس Aglaothamnion pseudobyssoides. كانت مسائل صغيرة في الترتيب لا تجذب إلا انتباهاً قليلاً، ولكن حين تتعلق بنباتات الحديقة المحبوبة، يتبع ذلك صرخات الغضب بشكل محتوم. وفي أواخر الثمانينيات تم طرد اسم الأقحوان (على أسس علمية قوية على ما يبدو) من

الجنس الذي بالاسم نفسه، ونفي إلى العالم الرتيب وغير المرغوب لجنس الدندرانثيما Dendranthema.

إن زارعي الأقحوان عديدون جداً وفخورون، واحتجوا ضد لجنة البزريّات التي لم تبدُ لهم دقيقة. (هناك أيضاً لجان لكل من السرخسّيات والطحلبيات والفطريات، وكلها ترفع تقارير إلى مدير تنفيذي يدعى المقرّر العام: وهذه في الحقيقة مؤسسة تستحق الرعاية). وبالرغم من أن قواعد منظومة الأسماء من المفترض أن تُطبّق بصرامة، فإن علماء النبات ليسوا غير مبالين بالمشاعر، وفي عام 1995 عُكس القرار. وأنقذت أحكام أخرى البطونيّة والأوفونيموس، ونوع مشهور من الأمارلس منخفض الرتبة، ولكن لم تنقذ أنواع كثيرة من إبرة الراعي، نُقلت منذ بضع سنوات -وسط الصيحات- إلى الجنس الغرنوقيّ. ولقد مُسحت النزاعات بشكل مسلٍّ في كتاب تشارلز إليوت «أوراق المساكب».

يمكن العثور على نزاعات وترتيبات جديدة من النمط نفسه في الحقول الأخرى كلها للأحياء، وهكذا فإن حفظ سجل كامل ليس دقيقاً تقريباً كما يمكن أن تفترضوا. ومن الحقيقة المذهلة أننا لا نمتلك أدنى فكرة «عن أقرب ترتيب مهم»، كما عبّر إدوارد أو. ولسون لعدد الأشياء التي تعيش على كوكبنا. وتتسلسل التقديرات من ثلاثة ملايين إلى مئتي مليون. والأكثر غرابة، بحسب تقرير نُشر في مجلة الإكونومست هو أن 97% من أنواع النبات والحيوان في العالم يمكن أنها لا تزال تنتظر الاكتشاف.

ومن المتعضيات التي نعرف عنها، هناك 99 من 100 موصوفة بشكل غامض هزيل فحسب. ويصف ولسون حالة معرفتنا كالآتي: «اسم علمي، وحفنة من العيّنات في متحف، وبعض أسطر الوصف في المجلات العلمية». وفي كتاب تنوّع الحياة، قدّر عدد الأنواع المعروفة من الأنماط جميعها: النباتات والحشرات والميكروبات والأشنيات، وكل شيء بـ 1.4 مليون، ولكنه أضاف إن هذا تخمين فحسب. ووضع علماء آخرون عدد الأنواع المعروفة أعلى من ذلك بشكل ضئيل،

نحـو 1.5 مليون أو 1.8 مليون، ولكن ليس هنـاك سجل مركزي لهذه الأمور، وهكذا لا مـكان لفحصـ الأرقام. باختصـار، إن الموقع اللافت الـذي نجد فيه أنفسنا هو أننا نجهل في الواقع ما نعرفه في الواقع.

مـن حيث المبـدأ، ينبغي أن تكونـوا قادرين على الذهاب إلـى خبراء في حقول التخصـص جميعهـا، وتسألـوا كم هناك مـن الأنـواع في ميادينهم، ثـم اجمعوا المحصـلات. فعل كثير من النـاس هذا. ولكن المشكلة هي أنه مـن النادر أن يأتي اثنـان برقمـين متطابقـين. وترى بعضـ المصادر أن عـدد الأنمـاط المعروفة من الفطريـات سبعـون ألفاً، ويرى آخـرون أنها مئة ألف، وهذا ضعـف العدد تقريباً. يمكنكـم العثـور على تأكيـدات واثقة بـأن عدد أنـواع دودة الأرض الموصوفة هو أربعـة آلاف، وعلى تأكيدات أخرى مشابهة بـأن العدد هو اثنا عشر ألف. بالنسبة للحشرات، فإن العدد يتراوح بين 750,000 و950,000 نوع. وهذا كما هو مفترض العـدد المعروف للأنـواع. فبالنسبة للنباتـات إن الأعداد المعروفـة بشكل مشترك تـتراوح بـين 248,000 و265,000. يمكـن ألا يبدو هـذا فرقاً كبـيراً، ولكنه أكبر بعشرين مرة من عدد النباتات المزهرة في أمريكة الشمالية كلها.

إن ترتيب الأشياء ليس أسهل المهمات. ففي أوائل الستينيات، بدأ كولن جروفز مـن الجامعـة الأستراليـة القومية مسحـاً منهجياً لمئتـين وخمسين نوعـاً إضافياً مـن الأنـواع المعروفة مـن الحيوانـات الرئيسة(*). وتبـيّن في غالـب الأحيان، أن الأنـواع نفسهـا قد وُصفت أكثر من مرة وأحياناً عدة مـرات دون أن تعرف أي من الاكتشافـات أنها تتعامل مع حيوان كان معروفاً من قبـل بالنسبة للعلم. واستغرق جروفـز أربعة عقود كي يحل كل شـيء، وكان هذا عبر مجموعة صغيرة نسبياً من الكائنات القابلة للتمييز بسهولة، والتي هي عامة غير مثيرة للجدل. ولا أحد يعرف ماذا ستكون النتائج لو حاول أي شخص تمريناً مماثلاً مع أنماط الأشنيات المقدر عددها في العالم بعشرين ألف نمط، وخمسين ألف نوع من الرخويات، أو أربع مئة ألف من الخنافس الإضافية.

(*) رتبة من الثدييات تشمل الإنسان والقرد والسعدان. المترجم.

مـا هـو مؤكد هو أن هنـاك كمية كبيرة من الحياة في الخـارج، بالرغم من أن الكميات الحقيقية هي بالضرورة تستند إلى تقديرات استقرائية. وفي تجربة كانت معروفة جيداً في الثمانينيات قام تيري إروين من مؤسسة سميثونيان بإشباع جذع تسع عشرة شجرة من أشجار الغابة المطرية في بنما بضباب مضاد للحشرات، ثم جمـع كل ما وقع في شباكه مـن الظلة. وبين ما أخرجـه وفي الواقع رفعه؛ لأنه كرر التجربـة فصلياً للتأكد من أنه اصطاد حشرات مـن الأنواع المهاجرة 12 نوعاً من الخنافـس. وعلى أساس تـوزع الخنافس في كل مكان، وعدد أنـواع شجرية أخرى في الغابة، وعدد الغابـات في العالم، وعدد الأنماط الأخرى من الحشرات، وهكذا دواليـك على طول سلسلة من المتغايرات، وصل إلى رقم تقديري هو 30 مليون نوع من الحشرات على الكوكب كله. وقال فيما بعد: إن هذا الرقم محافظ جداً. ووصل آخرون يستخدمون المعطيات نفسها أو معطيات مشابهة إلى عدد 13 مليوناً، أو 80 مليونـاً أو 100 مليون نوع من أنواع الحشرات، مشددين أنه مهما كان الوصول إلى أرقـام كهذه يتوخـى الدقة، فإن هذه الأرقام تدين إلـى الافتراض أكثر مما تدين إلى العلم.

قالـت جريدة وول ستريـت جورنال: إنـه يوجد في العالم «نحـو 10,000 عالم تصنيف نشيط». وهذا ليس بالعدد الكبير حين تفكّرون كم هناك من الأشياء التي يجـب أن تُسجّل. ولكـن الصحيفة أضافت: إنه بسبب الكلفـة (نحو 1,250 جنيهاً لـكل نوع) والعمل الورقي، نحو 15 ألف نوع فقط من الأنماط جميعها كانت تسجل كل عام.

«إنهـا ليست أزمة تنوّع حياتـي، إنها أزمة علماء تصنيـف»، قال كوين مايس، رئيـس قسم الفقاريات البلجيكي المولد في متحـف كينيا القومي في نيروبي، الذي التقيت به بشكل وجيز في خريف 2002. لم يكن هناك علماء تصنيف متخصّصون في إفريقيـة كلها، كما أخبرني. «كان هنـاك واحـد في ساحل العاج، ولكنني أعتقد أنـه استقال»، كما قـال. بعد سبع سنوات في كينيا، لم يتـم تجديد عقده. والسبب كما قال: «لا يوجد تمويل».

نشـر عالم البيولوجيا البريطاني ج.إتش. جودفـري قبل بضعة أشهر مقالاً في مجلـة نيتشر قـال فيه: إن هناك «افتقـاراً مزمناً للهيبة والمـوارد» بالنسبة لعلماء التصنيـف في كل مـكان. ومـن ثمّ، «هنـاك كثير من الأنـواع التـي تُوصف بشكل فقـير في منشورات معزولة، دون محاولة عزو وحـدة تصنيفية(*) جديدة للأنواع والتصنيفـات القائمـة. فضلاً عن ذلك، إن معظم وقت علمـاء التصنيف يُنفق لا في وصـف أنـواع جديـدة، وإنما في ترتيب القديمـة. ويقول جودفـري: إن كثيرين «يمضون كثيراً من حياتهم العملية في محاولة تأويل عمل واضعي المناهج في القرن التاسع عشر مفككين وصفهم المنشور غير الصحيح في غالب الأحيان، أو التجوال في متاحـف العالم من أجل نمط من مادة تكـون في وضع بائس». ويشدد جودفري خاصةً على غياب الانتباه إلى الإمكانية المنهجية التصنيفية للإنترنت. والواقع أن علم التصنيف لا يزال ورقياً بشكل غريب.

وفي محاولة لنقل الأمور إلى القرن العشرين، أطلق كيفن كيلي المؤسس المشارك في مجلة وايرد في 2001 مشروعاً يُدعى مؤسسة الأنواع جميعها بهدف العثور على المتعضيـات الحيّـة كلها وتسجيلهـا في قاعدة معطيات. قدرت كلفـة مشروع كهذا مـن 1.3 بليـون جنيه إلـى 30 بليوناً. وفي ربيـع 2002 لم يكن لـدى المؤسسة سوى 750,000 وأربعة موظفين يعملون لوقت كامل.

إذا كان لدينا -كما يوحي الرقم- مئة مليون نوع من الحشرات التي لم تُكتشف بعـد، وإذا استمرت نسب اكتشافاتنـا بالسرعة القائمة، فسيكـون لدينا محصلة محـددة مـن الحشرات بعد أكثر من 15 ألف سنة بقليـل. ويمكن أن تستغرق بقية عناصر المملكة الحيوانية وقتاً أطول.

وهكـذا لمـاذا لا نعرف سـوى القليل الـذي نعرفه؟ هنـاك من الأسبـاب بقدر مـا هناك مـن الحيوانات التي تحتاج إلـى الإحصاء، ولكن إليكـم بعض الأسباب الرئيسة.

(*) أو الأصنوفة، الكلمة الرسمية لفئة حيوانية، كالشعبة أو الجنس. (والجمع أصانيف).

إن معظم الأشياء الحية صغيرة وتُغفل بسهولة. بتعبير عملي، هذا ليس شيئاً سيئاً دوماً. يمكن ألا تغفو بهدوء إذا كنت مدركاً أن فرشتك موطن لمليوني ميكروب، يخرجون في ساعات مبكّرة جداً؛ كي يتعشّوا على زيوتك الدهنية، ويلتهموا تلك الندف الجلدية الهشّة التي تتخلص منها وأنت تنام وتهتز. إن مخدتك وحدها يمكن أن تكون موطناً لأربعين ألفاً منها. (بالنسبة لها رأسك قطعة سكر كبيرة مدهنة فحسب). ولا يذهبنّ بكم الظنّ إلى أن غطاء مخدة نظيفاً سوف يحدث فرقاً. فبالنسبة لشيء بوزن مخلوقات الفراش، فإن قماش أقوى نسيج بشري يبدو مثل حبال أشرعة السفينة وصواريها. وبالفعل، إذا كان عمر مخدتك ست سنوات وهذا معدل عمر المخدة فإن عشر وزنها هو من «جلد منسلخ، ومخلوقات حيّة، ومخلوقات ميتة، وروث المخلوقات»، كما قال الرجل الذي قام بالقياس، الدكتور جون موندر من المركز الطبي البريطاني لعلم الحشرات. (ولكن على الأقل إنها مخلوقاتك. فكّروا من ماذا تقتربون في غرفة فندق(*)). كانت هذه المخلوقات معنا منذ زمن موغل في القدم، ولكنها لم تُكتشف حتى عام 1965.

إذا كانت المخلوقات المرتبطة بنا بشكل حميمي مثل مخلوقات الفراش قد غابت عن انتباهنا حتى عصر التلفاز الملّون، فليس من المفاجئ أن معظم عالم الأشياء المتناهية الصغر مجهول بالنسبة لنا. اخرجوا إلى الغابات؛ أي غابات انحنوا واغرفوا حفنة من التراب، وستحملون عشرة بلايين بكتيريا، معظمها مجهول بالنسبة للعلم. ستحتوي عيّنتكم أيضاً على مليون من الخمائر الريّانة، وعلى مئتي ألف من الفطريات المشعرة التي تُعرف باسم العفن، وربما على عشرة آلاف من البرزويات (والمعروف منها هو فقط الأميبة)، ودولابيّات متناسقة، وديدان عريضة، وديدان مستديرة، ومخلوقات أخرى متناهية الصغر تُعرف بشكل جماعي باسم Cryptozoa. سيكون قسم كبير من هذه مجهولاً أيضاً.

(*) نحن في وضع أسوأ أحياناً في مسائل علوم الصحة. ويعتقد الدكتور موندر أن الاتجاه نحو المواد المنظفة للغسالات ذات الحرارة المنخفضة شجّعت على تكاثر الحشرات وكما يقول: «إذا غسلت ثياباً متسخة بدرجة حرارة منخفضة، فكل ما تحصل عليه هو قمل أنظف».

إن الدليل الأشمل عن المتعضيات الميكروبية هو كتيّب علم البكتيريا المنهجي لبيرجي، ويسجّل نحو أربعة آلاف نوع من البكتيريا. وفي الثمانينيات، جمع عالمان نرويجيان هما جوستين جوكسوير Jostein Goksoyr وفيجديس تورسفيك Vigdis Torsvik، غراماً من تربة عشوائية من غابة على الشاطئ قرب مخبرهما في برجن، وحلّلا بدقة محتواها البكتيري. اكتشفا أن هذه العيّنة الصغيرة تحتوي على ما يتراوح بين أربعة آلاف وخمسة آلاف نوع من البكتيريا المنفصلة، أكثر مما في كل كتيّب بيرجي. سافرا إلى موقع ساحلي على بعد بضعة أميال، رفعا غراماً آخر من التراب واكتشفا أنه يحتوي على ما يتراوح بين أربعة آلاف وخمسة آلاف نوع مختلف. وكما يقول إدوارد أو. ولسون: «إذا وُجد أكثر من 9,000 نوع من البكتيريا في مقدارين ضئيلين من قاعدة من مكانين في النرويج، فكم ينتظر الاكتشاف في أماكن مختلفة جذرياً؟» حسناً - بحسب أحد التقديرات - يمكن أن يكون العدد 400 مليون.

«لا نبحث في الأمكنة الصحيحة». يصف ولسون في كتاب «تنوّع الحياة» كيف أمضى أحد علماء النبات بضعة أيام يدور حول 11 هكتاراً من الغابة في بورنيو، واكتشف ألف نوع جديد من النبات المزهر، أكثر مما وُجد في أمريكة الشمالية كلها. لم يكن من الصعب العثور على النباتات. وإنما الأمر هو أنه لم يبحث هناك أحد من قبل. أخبرني كوين مايس من المتحف القومي الكيني أنه ذهب إلى غابة محجوبة بالغيوم -كما يطلق على الغابات الجبلية في كينيا- وبعد نصف ساعة «من النظر غير المدقق» عثر على أربعة أنواع جديدة من الدودة الألفية؛ ثلاثة تمثّل جنساً جديداً، ونوعاً جديداً من الشجر. قال: «شجرة كبيرة» ورفع ذراعيه كأنه سيرقص مع شريكة ضخمة جداً. ويُعثر على الغابات المحجوبة بالغيوم على سطح تلال وتُعزل أحياناً لملايين الأعوام. «إنها تقدّم المناخ الملائم للبيولوجيا وهي بالكاد قد دُرست»، كما قال.

بالمجمل، إن الغابات المطرية الاستوائية لا تغطي إلا 6% من وجه الأرض، ولكنها تأوي أكثر من نصف حياتها الحيوانية وثلثي نباتاتها المزهرة، ومعظم هذه الحياة مجهولة بالنسبة لنا؛ لأن قلة من الباحثين يمضون الوقت فيها. وليس مصادفة أن كثيراً من هذا يمكن أن يكون قيّماً. فعلى الأقل 99% من النباتات المزهرة لم تُختبر أبداً من أجل مواصفاتها الطبية. ولأنها لا تستطيع الهرب من المدمرين كان على النباتات أن تطوّر دفاعات كيميائية، وهكذا فهي غنية جداً بالمركبات المخادعة. وحتى الآن، إن ربع كل الدواء الموصوف تقريباً مشتق من أربعين نبتة فحسب، ويأتي 16% من حيوانات أو ميكروبات، وهكذا فإن قطع كل هكتار من الغابة يؤدي إلى خطر فقدان إمكانيات طبية حيوية. وقد استخدم علماء الكيمياء منهجاً يُدعى الكيمياء التوافيقيّة مكّنهم من توليد 40,000 مركّب مرة في مخبر، ولكن هذه المنتجات عشوائية وليست بطريقة غير مألوفة دون فائدة، بينما أي جزيء طبيعي سيمرّ سابقاً فيما دعته مجلة الإكونومست «برنامج النخل: أكثر من ثلاثة بلايين ونصف سنة من التطور».

ليس البحث عن المجهول مجرد مسألة سفر إلى أمكنة بعيدة. في كتابه (الحياة: سيرة غير مصادق عليها)، تحدث رتشارد فورتي عن بكتيريا قديمة عُثر عليها على جدار مقهى ريفي «حيث كان الرجال يبولون لأجيال». ويبدو أن هذا الاكتشاف ينطوي على كميات نادرة من الحظ والإيمان، وربما على صفة أخرى غير محددة.

لا يوجد ما يكفي من المختصين. إن ذخيرة الأشياء التي ستكتشف وتُفحص وتُسجّل تتجاوز بكثير عدد العلماء المتوافرين للقيام بذلك. خذوا المتعضيات القوية والمعروفة قليلاً التي تُدعى bdelloid rotifers. وهذه حيوانات ميكروسكوبية تستطيع أن تنجو تقريباً من أي شيء. حين تكون الظروف قاسية، تتكور في شكل مضغوط، تطفئ استقلابها وتنتظر وقتاً أفضل. في هذه الحالة، بوسعك أن ترميها في الماء المغلي أو تجمدها إلى درجة الصفر المطلق المستوى الذي تستسلم فيه حتى الذرات، وحين ينتهي هذا العذاب وتعود إلى بيئة ملائمة فإنها تتفتح وتتحرك

وكأن شيئاً لم يحدث. وحتى الآن، تم تحديد نحو 500 (بالرغم من أن مصادر أخرى تقول 360)، ولكن لا أحد يمتلك أي فكرة - حتى بعيدة - كم يمكن أن يوجد منها. وكل ما عرف عنها طوال سنوات هو بفضل العمل المخلص الدؤوب لرجل الدين اللندني ديفد برايس الذي درسها في أوقات فراغه. يمكن العثور عليها في أنحاء العالم كله، ولكن يمكن أن يكون لديك المتخصصون جميعاً في bdelloid rotifer على العشاء، ولن يكون عليك استعارة الصحون من الجيران.

إن مخلوقات مهمة وكلية الحضور كالفُطريات لا تشد إلا انتباهاً نسبياً. توجد الفطور في كل مكان وتنمو في أشكال مختلفة كفطور وعفن، وعفن فطري وخمائر وفطر نفّاث (فقع الذئب)، هذا إذا سمّينا عيّنة فحسب وهي تعيش في أحجام قليلاً ما يشتبه بها معظمنا. اجمعوا كل الفطريات التي يُعثر عليها في هكتار عادي من المروج، وستحصلون على 2,800 كيلوغرام من المادة. ليست هذه متعضيات هامشية. فدون الفطور لن يكون هناك آفة البطاطس، وداء الدّردار الهولندي، وقدم الرياضي(*)، ولكن أيضاً لن يوجد أي لبن أو بيرة أو أجبان. إن نحو سبعين ألف نوع من الفطريات تم تحديدها، ويُعتقد أن العدد الكليّ 1.8 مليون. يعمل كثير من علماء الفطريات في الصناعة، يصنعون الأجبان والألبان وأموراً أخرى مشابهة، وهكذا من الصعب القول: كم منهم منخرط بنشاط في البحث! ولكن نستطيع القول بأمان: إن هناك أنواع فطريات لم تُكتشف، أكثر مما هناك أشخاص للعثور عليها.

إن العالم مكان كبير في الحقيقة.. خُدعنا بسهولة السفر جواً وبأشكال أخرى من الاتصال مما جعلنا نفكّر بأن العالم ليس بهذا الكبر. إنه كبير جداً ومملوء بالمفاجآت ولكن على مستوى الأرض، حيث يجب أن يعمل الباحثون. إن الأكاب، أقرب حيّ إلى الزرافة يعرف الآن أنه يوجد في أعداد كبيرة في الغابات المطرية لزائير، يقدر العدد الكلي بثلاثين ألفاً على الأرجح، مع ذلك لم يشتبه بوجوده

(*) مرض جلدي معدٍ يصيب الأقدام، ناشئ عن فطر ينمو في السطوح الرطبة. المترجم.

حتى القرن العشرين. وافترض أن طير نيوزلندة الضخم الذي لا يطير، الذي يُدعى تاكاهي منقرض مدة مئتي عام قبل أن يُعثر عليه حياً في منطقة وعرة المسالك في جزيرة البلاد الجنوبية. وفي 1955 ضاع فريق من العلماء الفرنسيين والبريطانيين في التيبت، في عاصفة ثلجية في قرية بعيدة. عثروا على نسل من الأحصنة، يُدعى الريوتشي، الذي لم يكن يُعرف سابقاً إلا من الرسوم الكهفية ما قبل التاريخية. ودُهش سكان الوادي حين علموا أن الحصان يُعد نادراً في العالم الأوسع.

يعتقد بعضهم أن مفاجآت أكبر تنتظرنا. قالت مجلة الإكونومست في عام 1995: «إن عالم بيولوجيا وعلم أعراق إنكليزي يعتقد أن البهاضم megatherium، وهي نوع من كسلان أرضي عملاق يبلغ طوله طول الزرافة... يعيش في حوض الأمازون الواسع». ربما لم تسمّ المجلة عالم الإثنوبيولوجيا لسبب مهم؛ وربما الأهم هو أنه لم يُسمَع عنه أو عن حيوانه الضخم الذي يُدعى الكسلان أي شيء. على أي حال، لا أحد يستطيع القول بشكل تصنيفي: إنه لا يوجد شيء كهذا هناك إلى أن يتم تفتيش كل فرجة في الغابة، ونحن بعيدون جداً عن فعل هذا.

لكن حتى لو جمعنا آلافاً من العمال الميدانيين وأرسلناهم إلى أبعد الزوايا للعالم، فلن يكون هذا جهداً كافياً، إذ أينما تستطيع الحياة أن تكون، تكون. إن خصوبة الحياة الفائقة للعادة مذهلة، ومشبعة، ولكنها إشكالية أيضاً. ومن أجل مسحها كلها، عليكم أن تقلبوا الصخور جميعها، وأن تنخلوا عبر مهاد أرضية كل غابة، وتغربلوا كميات لا يُمكن تخيّلها من الرمل والتراب، وتتسلقوا فوق كل ظل غابة وتستنبطوا كثيراً من الطرق الفاعلة لفحص البحار. وعندئذ سوف تهملون حتى الأنظمة البيئية. في الثمانينيات دخل مستكشفو كهوف ناضجون كهفاً عميقاً في رومانية حجب عن العالم الخارجي مدة طويلة مجهولة، وعثروا على ثلاثة وثلاثين نوعاً من الحشرات والمخلوقات الأخرى الصغيرة العناكب وأم أربع وأربعين وقمل وكلها عمياء، بلا لون وجديدة بالنسبة للعلم. كانت تعيش على

مبعدة من الميكروبات في القذارة السطحية للبرك، والتي كانت بدورها تتغذى على كبريتيد الهيدروجين من الينابيع الحارة.

ربما كان ميلنا إلى القول باستحالة رصد كل شيء محبطاً ومخيّباً ومرعباً، ولكن يُمكن أن يُنظر إليه أيضاً على أنه مثير بشكل لا يُحتمل تقريباً. نحن نعيش على كوكب يمتلك قدرة لانهائية على المفاجأة. أي إنسان عاقل يمكن أن يريده بأي طريقة أخرى؟.

إن ما هو فاتن أكثر من غيره في فحص المناهج المبعثرة للعلم الحديث، هو إدراك كم من الناس كانوا يريدون تكريس حياة بأكملها لخطوط البحث الحصرية الأكثر سخاء. روى (ستيفن جي جولد) في أحد مقالاته، كيف أن بطلاً من أبطاله اسمه هنري إدوارد كرامبتون أمضى خمسين سنة -من 1906 إلى أن توفي في 1956- يدرس بهدوء جنساً من الحلزونات الأرضية يدعى بارتولا في بولينيزيا. مرة بعد أخرى، سنة بعد سنة، قاس كرامبتون إلى أدنى درجة إلى عدة أمكنة عشرية الثنيّات والأقواس والانحناءات الرقيقة للبارتولا التي لا تُحصى، وجمع النتائج في جداول مفصّلة شديدة التدقيق. إن سطراً واحداً من النص في جدول كرامبتون يمكن أن يستغرق أسابيع من القياسات والحساب.

كان الشخص الذي كرّس وقته أقل من غيره بقليل، ولكن الذي قام بعمل مفاجئ هو ألفرد سي. كنسي، الذي صار مشهوراً بسبب دراساته للجنس عند البشر في الأربعينيات والخمسينيات. وقبل أن يمتلئ ذهنه بالجنس، كان كنسي عالم حشرات، وواحداً مثابراً في هذا. ففي رحلة واحدة استمرت عامين، سار على قدميه 4,000 متر؛ كي يجمع مجموعة من ثلاث مئة ألف دبّور. ولم يسجل عدد العضات التي تعرض لها.

كان الشيء الذي يحيّرني هو مسألة ضمان سلسلة متعاقبة من العلماء في هذه الميادين الملغزة. ومن الواضح أنه لا يمكن أن يكون هناك كثير من المؤسسات في العالم تتطلب إخصائيين أو مستعدة لدعم متخصصين في برنقيل وحلزونات

المحيط الهادي. قبل أن نفترق في متحف التاريخ الطبيعي في لندن، سألت رتشارد فورتي كيف يضمن العلم أنه حين يذهب شخص فإن هناك شخصاً ما جاهزاً؛ كي يحل محله.

ابتسم بمودة من سذاجتي: «أخشى أنه ليس لدينا بدائل يجلسون على المقعد في مكان ما ينتظرون النداء للعب. حين يستقيل متخصص، أو بشكل أسوأ حظاً، حين يموت، يمكن أن يتوقف البحث في هذا الميدان، أحياناً لوقت طويل جداً».

«أعتقد أن هذا هو السبب الذي يجعلك تقدّر شخصاً يمضي سنة في دراسة نوع واحد من النبات، حتى إذا لم يُنتج أي شيء جديد؟» قال: «بالضبط. بالضبط». وبدا بالفعل أنه يعني ذلك.



الفصل الثالث والعشرون

الخلايا

تبـدأ المسألـة بخلية واحـدة. تنشق الخلية الأولـى كي تصبح اثنتـين والاثنتان تصيران أربعاً، وهكذا دواليك. بعد 47 مضاعفة، يكون لديك 10.000 ترليون خلية في جسمـك وهـي جاهزة كي تنبثق ككائن بشـري(*) . وكل واحدة من تلك الخلايا تعرف بالضبط ما تفعله كي تحافظ عليك وتغذيك من لحظة الحمل إلى الموت.

ليس لديك أسرار مخبأة عن خلاياك. فهي تعرف عنك أكثر مما تعرف أنت. تحمـل كل واحدة نسخة مـن الشفرة الوراثية الكاملة كتيّـب الإرشادات لجسمك، وهكـذا فهـي تعرف كيف تقوم ليـس بعملها فحسب؛ بل بكل عمـل آخر في الجسم أيضـاً. لن يكـون عليك أبـداً في حياتك أن تذكّـر خليّة بمراقبـة أدينوسين ثلاثي الفوسفـات adenosine triphosphate الخاص بها أو العثور على مكان للانبعاث الزائـد لحمض الفوليك الذي ينبثق فجأة. ستفعل هذا لك، بالإضافة إلى ملايين الأشياء الأخرى.

إن كل خليـة في الطبيعة أعجوبة. فأبسط خلية تتجاوز حدود العبقرية البشرية بكثـير. ولكي تبني خليـة الخميرة الأكـثر أساسية، مثلاً سيكون عليـك أن تنمنم (تنشـئ بحجم صغير) العدد نفسه تقريباً مـن المكوّنات الموجودة في طائرة بوينغ 777، وتركبهـا في كرة عرضهـا خمسة ميكرونات(**)؛ ثم سيجـب عليك أن تقنع الكرة بالتكاثر.

(*) إن كثـيراً مـن الخلايا في الحقيقة تضيع في عملية التطـوّر، وهكذا فإن العدد الذي تبزغ به هو مجـرّد تخمـين. وبحسب المرجع الذي تعود إليه، يمكن أن يتنـوّع حسب ترتيب الأهمية. إن عدد 10,000 ترليون هو من كتاب مارجوليس وساغان، «الإنسان».

(**) جزء من مليون من المتر.

لكن خلايا الخميرة هي لا شيء بالمقارنة مع الخلايا البشرية، التي ليست أكثر تنوّعاً وتعقيداً فحسب، وإنما أكثر سحراً بسبب تفاعلاتها المعقّدة.

إن خلاياك بلاد يعيش فيها 10,000 ترليون مواطن، وكل منها مكرّس بطريقة محددة جداً من أجل رفاهك الكلي. ليس هناك شيء لا تفعله لك. تجعلك تشعر بالمتعة وتشكّل الأفكار. تمكّنك من الوقوف والتمدد والوثب. حين تأكل وتستخلص المواد المغذّية، وتوزّع الطاقة، وتطرح الفضلات كل تلك الأمور التي تعلمت عنها في بيولوجيا المدرسة ولكنها تتذكّر أيضاً أن تجعلك جائعاً أولاً، وتكافئك بشعور بالسعادة فيما بعد، بحيث إنّك لن تنسى أن تأكل مرة أخرى. تجعل شعرك ينمو وتكوّم الصملاخ في أذنيك، وتجعل دماغك يخرخر بصوت هادئ. إنها تدير زوايا وجودك جميعها. ستقفز للدفاع عنك في اللحظة التي تُهدد فيها. وستموت من أجلك دون أي تردد، ذلك أن بلايين منها تفعل ذلك يومياً. لم يحدث أن شكرت طوال سنواتك واحدة منها. فدعونا الآن نمنحها ما تستحق من التقدير.

لا نفهم إلا قليلاً عن: «كيف تفعل الخلايا الأشياء التي تفعلها»، كيف تشكل الدهون أو تصنّع الأنسولين أو تنخرط في كثير من الأفعال الأخرى الضرورية، كي تحمي كياناً معقّداً مثلك. لديك على الأقل 200,000 نمط مختلف من البروتين الذي يعمل في داخلك، وحتى الآن لم نفهم أكثر من 2% مما يفعله. (يرى آخرون أن الرقم هو 50%؛ وهذا يعتمد على ما يبدو على ما تعنيه بـ «نفهم»).

تظهر المفاجآت على مستوى الخلايا في الأوقات جميعها. يُعدّ أكسيد النتريك ساماً في الطبيعة وعنصراً شائعاً في تلوّث الهواء. فوجئ العلماء قليلاً حين اكتشفوا في منتصف الثمانينيات أنه يُنتج بشكل غريب في الخلايا البشرية. كان هدفه في البداية لغزاً، ولكن العلماء بدؤوا يكتشفونه في كل مكان، فهو يتحكم بتدفق الدم ومستوى الطاقة في الخلايا، ويهاجم السرطانات ومُمرضات أخرى، وينظّم حاسّة الشمّ، وشرح أيضاً لماذا يهدئ النتروغرسلين؛ السائل الشديد التفجّر، ألم القلب

المعروف باسم الذُّبحة الصدرية (يتحوّل إلى حمض النتريك في مجرى الدم، ويريح البطانة العضلية للشرايين، سامحاً للدم بالتدفق بحرية أكبر). وفي عقد من الزمن تحولت هذه المادة الغازية من سم خارجي إلى إكسير كليّ الحضور.

أنت تملك «بضع مئات من أنماط الخلايا المختلفة»، كما قال عالم الكيمياء الحيوية البلجيكي كيرستيان دي دوف Christian de Duve، وهي تتنوّع بشكل كبير في الحجم والشكل، من خلايا عصبية تستطيع خيوطها أن تمتد متراً إلى خلايا دموية حمراء صغيرة على شكل قرص، إلى الخلايا الكهرضوئية التي تشبه القضيب والتي تساعد على منحنا البصر. وهي تأتي أيضاً في سلسلة واسعة وسخية من الأحجام - وهذا يحدث بشكل مدهش في لحظة الحمل، حين يواجه حيوان منويٌّ نابض بويضة أكبر منه بـ 85,000 مرة (مما يشكك بمفهوم الهيمنة الذكرية). إن عرض الخلية البشرية في الحالة العادية، 20 ميكروناً -أي نحو جزء من مئتين من الملمتر)- مما يعني أنها صغيرة لا تُرى ولكنها تتسع بما يكفي كي تحمل آلاف البنى المعقّدة مثل الكوندريوسوم(*)، وملايين فوق ملايين من الجسيمات. وبمعنى أكثر دقة، تتنوّع الخلايا أيضاً في حيويتها. إن خلايا جسمك ميتة جميعها. وإنها نوعاً ما لفكرة مثيرة للحُنق أن نفكّر أن كل إنش من سطحك ميت. إذا كنت راشداً فأنت مغلف بأكثر من كيلومترين من الخلايا الميتة، التي يُسلخ منها عدة ملايين من الشظايا الصغيرة كل يوم. مرر إصبعاً على رفّ يعلوه الغبار وعندها تقوم برسم نموذج موجود في الجلد القديم.

نادراً ما تعيش الخلايا الأكثر حيوية أكثر من شهر، ولكن هناك بعض الاستثناءات الملحوظة. تستطيع خلايا الكبد أن تعيش لسنوات، بالرغم من أن المكوّنات التي في داخلها يمكن أن تتجدّد كل بضعة أيام. وتستمر خلايا الدماغ طالما أنت مستمر. إنك تُمنح مئة بليون خلية حين تُولد وهذا كل ما تحصل عليه. قُدِّر أنك تفقد 500 خلية كل ساعة، وهكذا إذا كان لديك عمل مهم ليس هناك في الحقيقة لحظة يجب أن تُضيّع. إن الأنباء الطيبة هي أن المكوّنات الفردية لخلايا

(*) أحد جسيمات حبيبيّة عصويّة الشكل، أو خيطية الشكل في سيتوبلازم الخلايا. المترجم.

دماغك تتجدد باستمرار وهكذا، كما هو الأمر مع خلايا الكبد، ليس هناك جزء منها من المرجع أن يعمّر أكثر من شهر. واقترح أنه لا يوجد فينا قطعة واحدة -حتى جسيم ضال- كانت جزءاً منا منذ تسع سنوات. يمكن ألا تشعر بذلك، ولكننا جميعاً صغار على المستوى الخلوي.

كان أول من وصف الخليّة هو روبرت هوك، الذي سبق وعرفنا أنه اختلف مع إسحاق نيوتن عن أسبقية ابتكار قانون التربيع العكسي. أنجز هوك أموراً كثيرة في أعوامه الثمانية والستين -كان منظّراً مكتملاً وبارعاً في صناعة أدوات بارعة ومفيدة- ولكن الشيء الوحيد الذي حقّق له الإعجاب الكبير هو كتابه المشهور «الفحص بالمجهر»: أو «بعض التوصيفات الفسيولوجية لأجسام صغيرة عبر المكبّر»، الذي نُشر عام 1665. كشف الكتاب لجمهور مسحور كوناً مما هو صغير جداً كان أكثر تنوّعاً واكتظاظاً ومبنياً بشكل رائع ولم يسبق أن تصوره أحد.

كان بين السمات المجهرية التي حددها هوك في البداية غرف صغيرة في النباتات دعاها الخلايا؛ لأنها ذكرته بخلايا القردة. وحسب هوك أن إنشاً مربّعاً من اللّحاء يحتوي على 1,259,712,000 من هذه الغرف الصغيرة. كان هذا أول عدد كبير كشف عنه العلم. كانت المجاهر في ذلك الوقت متوافرة طوال قرن، ولكن ما ميّز مجاهر هوك هو تفوّقها التقني. حققت تكبيراً أعلى بثلاثين مرة، مما جعلها الكلمة الأخيرة في التكنولوجيا البصرية في القرن السابع عشر.

جاء الأمر صدمة حين بدأ هوك بعد عقد هو وأعضاء الجمعية الملكية اللندنية، يتلقون رسوماً وتقارير من تاجر أقمشة كتانيّة غير متعلّم في مدينة ديلفت الهولندية يستخدم تكبيرات أعلى بـ 275 مرة. كان اسم التاجر أنطوني فان ليفنهويك Antoni van Leeuwenhoek. وبالرغم من أنه لم يمتلك إلا قليلاً من التعليم الرسمي وغير مطلع على العلم، فإنه كان راصداً فَهِماً ومخلصاً وعبقرياً في المجال التقني.

لا أحد يعرف اليوم كيف حصل على تكبيرات رائعة كهذه من أداة بسيطة تُحمل باليد، لم تكن أكثر من وتد خشبي بفقاعة صغيرة من الزجاج مثبتة عليه، غير أنها لا تشبه المكبرات الزجاجية وما يعتقد معظمنا بأنه مجاهر. كان ليفنهويك يصنع أداة جديدة لكل تجربة يقوم بها، وكان سرياً بشكل كبير حيال تقنياته، بالرغم من أنه مرة ساعد البريطانيين في تحسين نسبة الوضوح في الرؤية(*).

بدأ ليفنهويك العمل بعد أن تجاوز الأربعين من العمر، وقدّم في مدة خمسين عاماً مئتي تقرير تقريباً للجمعية الملكية بلغة هولندية وضيعة؛ اللهجة الوحيدة التي كان يتقنها. لم يقدم تفسيرات، وإنما حقائق ما اكتشفه، مزودة برسوم مُرهفة. أرسل تقارير عن كل ما يمكن فحصه تقريباً بشكل مفيد كعفن الخبز، ولسعة النحلة، وكريات الدم، والأسنان، والشعر، ولعابه، والبراز والمني (وكانت هذه الأخيرة مرفقة باعتذارات متقطّعة بسبب طبيعتها الكريهة التي لا مهرب منها). فحص تقريباً كل ما لم يُرَ بالمجهر سابقاً.

وبعد أن أفاد عن اكتشاف «حيوانات مجهرية» في عيّنة من ماء الفلفل في 1676 أمضى أعضاء الجمعية الملكية عاماً مع أفضل الأدوات، التي استطاعت إنتاجها التكنولوجيا البريطانية باحثين عن «الحيوانات الصغيرة» قبل أن يحصلوا أخيراً على التكبير بشكل صحيح. ما اكتشفه ليفينهويك هو البَرْزويّات (أحادية الخلية). وحسب أن هناك 8,280,000 من هذه الكائنات الصغيرة في قطرة ماء واحدة، أكثر من عدد السكان في هولندة. كان العالم يزخر بالحياة بطرق وأعداد لم يشتبه بها أحد من قبل.

(*) كان ليفنهويك صديقاً حميماً لشخصية بارزة أخرى من ديلفت وهو الفنان جان فيرمير. وفي العقد الأول من القرن السابع عشر طوّر فيرمير، الذي كان سابقاً فناناً منافساً ولكن ليس بارزاً، إتقان الضوء والمنظور الذي احتفي به من أجلهما منذ ذلك الوقت. وبالرغم من أن الأمر لم يُبرهن أبداً فقد اشتُبه أنه استخدم الحجرة المظلمة (كاميرا بدائية)، وهي أداة ينفذ النور عبرها فترتسم فيها صور الأشياء الخارجية على الجدار أو السطح المقابل.

بإلهام من اكتشافات ليفينهويك المذهلة، بدأ آخرون يحدقون في المجاهر بحدة بحيث اكتشفوا أحياناً أشياء لم تكن في الحقيقة هناك. واقتنع راصد هولندي محترم يُدعى نيكولاوس هارتسويكر أنه رأى «رجالاً صغاراً يعملون» في خلايا الحيوان المنوي. دعا الأشياء الصغيرة بالأقزام، واقتنع كثيرون لبعض الوقت أن كل البشر وكل الكائنات هم نسخة مضخّمة عن كائنات صغيرة تامة مُنْذرة. وقد جرف الحماس ليفينهويك نفسه أحياناً. حاول في إحدى أقل تجاربه نجاحاً أن يدرس الصفات الانفجارية للبارود عبر رصد انفجار صغير من مدى قريب؛ وسبب لنفسه العمى تقريباً من العملية.

وفي عام 1638 اكتشف ليفنهويك البكتيريا وكان هذا أقصى ما يمكن أن يبلغه التقدم حتى القرن اللاحق والنصف بسبب حدود التكنولوجيا المجهرية. وفي عام 1831 تمكن أحدهم من رؤية نواة الخلية أول مرة. اكتشفها عالم النبات الأسكتلندي روبرت براون، ذلك الزائر المتكرر والغامض دوماً إلى تاريخ العلم. إن براون - الذي عاش من 1773 إلى 1858 - دعاها النواة nucleus واشتقها من الكلمة اللاتينية nucula التي تعني الجوزة الصغيرة أو النواة. ولم يعرف أحد أن المادة الحية كلها هي خلوية حتى عام 1839. كان من اكتشف هذا هو ثيودور شوان Theodore Schwann، وهو ألماني، ولم يكن متأخراً نسبياً فحسب - كما يحدث مع الاكتشافات العلمية - وإنما لم يُقبل بشكل واسع أيضاً في البداية. وفي ستينيات القرن التاسع عشر، وبعد أن قام العالم الفرنسي لويس باستور بعمل مهم في فرنسة، تبيّن بشكل حاسم أن الحياة لا يُمكن أن تنشأ تلقائياً، ولكن يجب أن تأتي من خلايا موجودة سابقاً. وعُرف الاعتقاد باسم «نظرية الخليّة»، وهي أساس علم البيولوجيا الحديث.

شُبِّهتْ الخلية بكل شيء، فقد شبهها عالم الفيزياء جيمس تريفل بـ «مصفاة كيميائية معقّدة»، وشبّهها عالم الكيمياء الحيوية جاي براون بـ «مدينة شاسعة تعج بالتكاثر». إن الخلية هي كلاهما وليست أيّاً منهما. وهي مثل مصفاة من ناحية

أنهـا مكرسـة للنشاط الكيميائي الهائل، وكمدينة من حيـث إنّها مكتظة ومشغولة ومـلأى بالتفاعـلات التي تبـدو مشوّشة وعشوائيـة، ولكنها تملك نسقـاً واضحاً. ولكنهـا مـكان أكثر كابوسية من أي مدينة أو مصنع سبق أن رأيته. ليس في الخلية أعلـى أو أسفـل (فالجاذبية لا تنطبق على الوزن الخلـوي)، ولا يوجد فراغ بحجم ذرة غـير مستخدم. هنـاك نشاط في كل مكان وطنين لا يتوقّف للطاقة الكهربائية. يمكـن ألا تشعر بـأن الكهرباء تسري فيـك بشكل مروع، ولكنـك كذلك. فالطعام الذي نأكله والأوكسجين الذي نتنفّسه يمتزجان في الخلايا بالكهرباء. والسبب في أننـا لا نصـدم بعضنا بقوة أو نحرق الأريكة حـين نجلس، هو أن هذا يحدث بوزن خفيـف: 0.1 فولت يسافر مسافات تُقاس بالنانومـتر (جزء من بليون من المتر). علـى أي حـال، ارفع هذا وسوف يعادل صدمة من 20 مليون فولت في كل متر، وهو الشحنة نفسها التي تحملها العاصفة الرعدية.

إن الخلايـا كلها تقريباً مبنية وفق الخطة نفسها جوهرياً مهما كان حجمها أو شكلها: لها علبة خارجية أو غشاء، ونواة تستقر فيها المعلومات الوراثية الضرورية لجعلك تستمر، وفـراغ مشغول بين الاثنين يدعى السيتوبلازم. ليس الغشاء - كما يتخيلـه معظمنا - علبة مطاطية قابلة للاستمرار، شيئاً تحتاج إلى دبّوس حاد كي تثقبـه. إنها مصنوعة من نوع مـن المادة الدهنية تُعرف باسـم اللبيد (الشّحم)، التي لها الاستمرارية التقريبية «لدرجة خفيفة من زيت الآلة»، كما قال شروين ب. نولاند. إذا بدا هذا خيالياً بشكل مدهش، فضع في ذهنك أنه على المستوى المجهري تتصـرف الأشياء بشكل مختلف. فبالنسبة لأي شيء على مستوى الجزيء يصبح الماء نوعاً من الجلّ المتين أو ليبيداً (شحم) كالحديد.

لـو كان بوسعـك زيارة خليّـة، فإنك لن تحب ذلك. إذا نُفخـتَ إلى وزن تصبح فيـه الذرات بحجم حبة بازلاّء، فإن الخلية نفسها ستكون كرة بعرض ميل تقريباً، يدعمهـا إطار معقّد من العوارض التي تُدعى هيكل خلوي عظمي cytoskeleton. وفي داخلـه، ملايـين فوق ملايين مـن الأشياء بعضها بحجم كـرة السلة، وبعضها

الآخـر بحجم سيارة ستنطلق كالرصاص. ولن يكون هناك مكان تقف فيه دون أن تُصاب وتُثقب آلاف المرّات مـن الجهات جميعها. وحتى بالنسبة لسكانه الدائمين فإن داخل الخليّة مكان خطر. إن كل خيط من الـ(DNA) يهاجم أو يُخرّب بمعدّل مـرة كل 8.4 ثـوانٍ عشـرة آلاف مرة في اليوم مـن قبل مواد كيميائيـة، أو عملاء آخرين يقتحمون بطيش ويبترونه دون انتباه، وكل من هذه الجراح يجب أن يُخاط بسرعة إذا كان ينبغي ألا تهلك الخليّة.

إن البروتينات حيّة بشكل خاص، تدور، وتنبض وتطير إلى بعضها بعضاً بليون مـرة في الثانية. أما الأنزيمات، التي هي نوع مـن البروتين، فتندفع في الاتجاهات جميعهـا، مؤدية نحو ألف مهمة في الثانية. وكنمـل عامل سريع، تبني بهمة وتعاود بناء الجزيئات، رافعة جزءاً من هذه، مضيفة جزءاً لتلك. بعضها يراقب البروتين العابـر ويحدّد بمادة كيميائية تلك التـي هلكت أو تعطلت بشكل لا يمكن إصلاحه. وحالمـا تُنتقى هكذا، فإن البروتينات المحكـوم عليها بالهلاك تتابع إلى بنية تُدعى البروتيازوم حيث تذوب، وتُستخدم مكوّناتها لبناء بروتينات جديدة. وتوجد بعض أنمـاط البروتين لأقل من نصـف ساعة؛ وتحيا أخرى لأسابيـع. ولكنها كلها تحيا حياة تبدو جنونية بشكل لا يُفهم. وكما يقول دي دوف: «إن عالم الجسيمات عصيّ على خيالنا، بسبب السرعة التي لا تُصدق التي تحدث بها الأمور فيه».

إذا أبطأنـا الأمـور إلـى سرعـة يمكـن ملاحظة التفاعـلات فيهـا، فلن تبدو الأشيـاء مثيرة للأعصـاب. سترى أن الخلية هي ملايين الأشيـاء جسيمات حالّة lysosomes، وجسيمـات باطنيّـة endosomes، وجسيمات رّيبيـة ribosomes، والجزيئـات المرتبطـة بالـذرة المركزيـة ligands، وخلايـا سيتوبلازميـة لإنتاج وتفكيك بيروكسيد الهيدروجين peroxisomes، وبروتينات من الأشكال والأحجام جميعهـا تصطدم بملايين من الأشياء الأخـرى، وتقوم بمهمات عاديّة: تستخلص الطاقـة من المواد المغذّية، وتجمع البُنـى، وتتخلّص من الفضلات، وترد المتطفلين، وترسـل وتتلقّـى الرسائل، وتقـوم بالإصلاحات. تحتوي الخلية بشـكل عادي على عشريـن ألف نـوع مختلف من البروتينـات، وهناك ألفا نوع من هـذه البروتينات

يمثله كل منها على الأقل خمسون ألف جسيم. يقول نُلاند: «هذا يعني أنه حتى إذا أحصينا فقط تلك الجسيمات الحاضرة في كميات من أكثر من 50,000 منها، فإن الحاصل سيظل حده الأدنى 100 مليون جسيم بروتيني في كل خليّة. إن رقماً كبيراً كهذا يقدم فكرة ما عن ضخامة النشاط الحيوي الكيميائي في داخلنا».

إنها عملية متطلبة بشكل كبير. يجب أن يضخّ قلبك 343 لتراً من الدم في الساعة، وأكثر من 8,000 لتر كل يوم، و3 مليون لتر في العام، وهذا كافٍ لملء أربعة مسابح أولمبية لجعل الخلايا تحصل على الأوكسجين الطازج. (وإليكم البقيّة: في أثناء التمرين يمكن أن تزداد النسبة إلى ستة أضعاف). يؤخذ الأوكسجين من قبل الكوندريوسوم. وهذه هي محطات الطاقة في الخلية وهناك نحو ألف منها في كل خلية، بالرغم من أن العدد يتنوّع بشكل كبير بحسب ما تفعله خليّة، وكم تتطلّب من الطاقة.

يمكن أن تتذكّروا من فصل سابق أن الكوندريوسوم نشأت كبكتيريا أسيرة وأنها تعيش الآن كنزلاء في خلايانا، محافظة على تعليماتها الوراثية الخاصة، ومقسّمة لجدولها الزمني، ومتحدثة لغتها الخاصة. يمكن أن تتذكّروا أيضاً أننا تحت رحمة حسن نيتها. وإليكم السبب. في الحقيقة إن كل الطعام والأوكسجين الذي نتناوله يرسل بعد عملية المعالجة إلى الكوندريوسوم، حيث يتم تحويله إلى جسيم يُدعى الأدينوسين ثلاثي الفوسفات أو (ATP).

يمكن ألا تكون قد سمعت بالإي تي بي، ولكنه هو الذي يجعلك حيّاً. إن جسيمات الإي تي بي هي بطاريات تتحرك عبر الخلية، وتزوّد كل عمليات الخليّة بالطاقة، وتستمر حياتنا بسبب هذا كله. ففي أي لحظة، يكون في خليّة عاديّة في جسمك نحو بليون جسيم إي تي بي، وبعد دقيقتين، يجفّ كل واحد منها ويحل مكانه بليون. وفي كل يوم تُنتج وتستهلك كمية من الإي تي بي تعادل نصف وزن جسمك. تحسّس دفء جلدك. هذا هو الـ (ATP) الخاص بك في أثناء العمل.

حين لا يعود هناك حاجة إلى الخلايا، فإنها تموت بكرامة عظيمة كما يمكن ان يُقال. تأخذ كل الدعامات التي تدعمها وتلتهم أجزاءها المكوّنة. تُعرف هذه

العمليـة باسم مـوت الخليّة المُبرمج. ففي كل يوم يمـوت البلايين من خلاياك من أجـل فائدتك وتقوم بلايين أخرى بتنظيـف البقايا. يمكن أن تموت الخلايا بعنف أيضاً مثلاً، حـين تُصاب بالعدوى ولكنها تموت في معظم الأحيان لأنه يُطلب منها ذلـك. وفي الحقيقـة، إذا لم يُطلـب منها أن تحيـا إذا لم تُمنح نوعـاً من التوجيه النشيـط من خلية أخرى، فـإن الخلايا تقتل نفسها بشكل آلي. تحتاج الخلايا إلى كثير من التطمين.

حـين تخفق خليـة في الموت بالطريقـة الموصوفة - كمـا يحدث أحيانـاً - تبدأ بالانقسـام والانتشار بشكل وحشي، فندعو النتيجة السرطان. إن خلايا السـرطان هـي في الحقيقة خلايا مشوّشة. ترتكب الخلايا هـذا الخطأ بشكل منتظم، ولكن الجسـم يحتوي على آليـات متقنة للتعامل معه. ومن النـادر أن تخرج العملية عن السيطـرة. يعاني البشر من مرض مهلك واحد في كل 100 مليـون بليون انقسام للخلية. إن السـرطان هو حظ سيئ بكل ما للكلمة من معنى.

لا تكمن أعجوبة الخلايا في أن الأمور تخطئ أحياناً، وإنما في أنها ترتب كل شيء بهـدوء مدة عقد في كل مدة. وتفعل ذلك عـبر إرسالها باستمرار جداول الرسائل ومراقبتهـا رسائـل متنافرة من أنحاء الجسم جميعهـا: توجيهات، واستفسارات، وتصحيحات، وطلبات مساعدة، وتحديثات، وملاحظات عن الانقسام أو الانتهاء. وتصل هذه الإشارات معظمها بواسطة سعاة يُدعون الهرمونات، ووحدات كيميائية كالأنسولـين، والأدرينالين، والأوستروجـين والتيستوستيرون التي توصل المعلومات مـن مواقع بعيدة مثـل الغدّة الدرقية أو الغُدد الصمّ. وتصـل رسائل برقية أخرى مـن الدماغ أو من مراكز إقليمية في عمليـة تُدعى paracrine signaling. أخيراً، تتواصل الخلايا بشكل مباشر مع جيرانها كي تتأكد من أن أفعالها منسّقة.

إنهـا حركة جنونية عشوائيـة مدهشة، تواتر من اللقاءات التـي لا نهاية لها لا يديرهـا أي شيء سوى قواعد جوهرية من الجاذبيـة والنفور. ومن الواضح أنه لا يوجـد عملية تفكير وراء أي من أفعال الخلايـا. إنها تحدث فحسب، بشكل هادئ

ومتكـرّر وموثوق بحيث نادراً مـا نعيها؛ وهذا لا ينتج النظام داخل الخلية فحسب، وإنمـا ينتج أيضاً التناسق التام في المتعضي. وبطـرق بالكاد بدأنا بفهمها، تحدث ترليونـات فوق ترليونات من ردود الفعل الكيميائيـة الانعكاسية في شخص متنقل ومفكـر وصانع للقرار مثلكـم، أو خنفساء روث أقل تفكـيراً، ولكنها منظمة بشكل لا يصدق. لا تنسوا أبداً أن كل ما هو حي أعجوبة من أعاجيب الهندسة الذرية.

والواقـع أن بعض المتعضيات التي نعتقد أنها بدائية تتمتّع بمستوى من التنظيم الخلـوي يجعل نظرتنا تبدو مبتذلـة. انزع خلايا حيـوان الإسفنج (عبر تمريرها في منخـل، مثـلاً) ثم ضعها في محلـول وسوف تعود إلى بعضهـا، وتبني نفسها في الإسفنـج ثانية. بوسعك أن تفعـل هذا لها مرة بعد أخرى وسوف تجتمع من جديد بعناد؛ لأنها -مثلكم ومثلي، ومثل كل ما هو حي- لها دافع طاغٍ واحد: هو أن تستمر في الحياة.

يعـود كل هذا إلى جـزيء غريب، مصمم، لا يُفهم بشـكل كامل، وهو في نفسه غير حي، وفي معظم الأحيان لا يفعل أي شيء مطلقاً. ندعوه الـ (DNA)، وكي نبدأ بفهـم أهميتـه الكبرى بالنسبة للعلم ولنا نحتاج إلى العـودة 160 سنة إلى الوراء، إلى إنكلترة الفكتورية، إلى اللحظة التي خطرت فيها لعالم الطبيعة تشارلز داروين مـا دعـاه «الفكرة الوحيدة الأفضل التي يمكن أن يصـل إليها المرء»، ثم -لأسباب تحتاج إلى قليل من الشرح- أغلق عليها في درج طوال 15 سنة.



الفصل الرابع والعشرون

بدعة دارون(*)

في أواخر صيف أو أوائل خريف 1859، تلقّى وايتويل إلوين - محرر مجلة بريطانية مُحترمة تُدعى كوارترلي ريفيو - نسخة من كتاب جديد ألفه عالم الطبيعة تشارلز دارون. قرأ إلوين الكتاب باهتمام، واعترف بأهميته، ولكنه خشيَ من أن الموضوع محدود جداً بحيث لن يجذب انتباه جمهور واسع. وحثّ دارون على تأليف كتاب عن الحمام بدلاً من ذلك. وقال محاولاً المساعدة: «إن الجميع يهتمون بالحمام».

تجاهل دارون نصيحة إلوين، ونشر كتاب أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعي، أو حفظ السلالات المفضّلة في الصراع من أجل الحياة في أواخر تشرين الثاني من عام 1859، وسُعّر 15 شلنغاً. بيعت الطبعة الأولى التي تألفت من 1,250 نسخة في اليوم الأول. لم يتوقف الناشر عن طبع الكتاب ونادراً ما خرج من الجدل، منذ ذلك الوقت، ولم يكن هذا سيئاً لرجل كان اهتمامه الرئيس الآخر منصبّاً على ديدان الأرض، الذي كان سيمضي حياته كريفي غفل مشهور باهتمامه بديدان الأرض لو لم يتخذ قراراً بالإبحار حول العالم.

وُلد تشارلز روبرت دارون في 12 شباط 1809 (**) في شروسبري، وهي بلدة تجارية رزينة في غرب الأراضي الوسطى. كان والده عالم فيزياء مزدهراً

(*) نظرية دارون في النشوء والارتقاء نظرية باطلة وغير صحيحة ومناقضة لصريح الآيات القرآنية ونصوص الأحاديث النبوية الصحيحة، إذ يقول تعالى: ﴿إِنَّا خَلَقْنَا ٱلْإِنسَٰنَ مِن نُّطْفَةٍ أَمْشَاجٍ نَّبْتَلِيهِ﴾ [الإنسان: 2]، ويقول: ﴿لَقَدْ خَلَقْنَا ٱلْإِنسَٰنَ فِىٓ أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ﴾ [التين: 4]، ويقول: ﴿فَإِنَّا خَلَقْنَٰكُم مِّن تُرَابٍ﴾ [الحج: 5]، ويقول: ﴿إِنَّا خَلَقْنَٰكُم مِّن ذَكَرٍ وَأُنثَىٰ﴾ [الحجرات: 13]، ويقول: ﴿وَخَلَقْنَٰكُمْ أَزْوَٰجًا﴾ [النبأ: 8]. ويقول ﷺ: «إن الله أخذ ذرية آدم من ظهره، ﴿وَأَشْهَدَهُمْ عَلَىٰٓ أَنفُسِهِمْ أَلَسْتُ بِرَبِّكُمْ قَالُوا۟ بَلَىٰ﴾ [الأعراف: 172]». صحيح الجامع الصغير وزيادته: رقم (1702). ويقول ﷺ: «خلق الله آدم، فضرب كتفه اليمنى، فأخرج ذرية بيضاء كأنهم اللبن، ثم ضرب كتفه اليسرى، فخرج ذرية سوداء كأنهم الحمم، قال: هؤلاء في الجنة ولا أبالي، وهؤلاء في النار ولا أبالي». صحيح الجامع الصغير وزيادته: رقم (3234). (الناشر).

(**) يوم ميمون في التاريخ: في مثل هذا اليوم وُلد إبراهام لنكولن في كنتاكي. المؤلف.

ومحترمـاً. أما أمـه - التي وافتها المنية، حين كان تشارلـز في الثامنة من عمره - فقد كانت ابنة جوسياه ودجوود، المشهور كخزّاف.

تمتـع داروين بـكل فوائد التربيـة، ولكنـه آلم باستمـرار والده المترمّـل بأدائه الأكاديمـي غير اللامع. «لا تأبه بأي شيء سوى الصيد، والكلاب، وصيد الفئران، وستكـون عاراً على نفسك وعلـى أسرتك»، كتـب داروين الأب في سطر يظهر دوماً في أي حديـث عن حيـاة داروين المبكـرة. وبالرغم من أنه أظهر ميـلاً إلى التاريخ الطبيعي، حاول من أجل والده أن يدرس الطب في جامعة أدنبرة، ولكنه لم يستطع أن يتحمل الدم والمعاناة. وسببت له تجربة حضور عملية لطفل مريض قبل اختراع المخـدّر صدمة دائمة. حـاول دراسة القانون بدلاً من ذلـك، ولكنه وجده بليداً ثم نجح في الحصول على درجة في اللاهوت من جامعة كمبريدج.

بدا كـأن وظيفة قسّ ريفي تنتظره حين جاء عرضـ مفاجئ أكثر إغراء. دُعي داروين للسفـر علـى متن البيجل إتشـ إم إس من أجل المسح القومـي، ولكنه دعي في الحقيقـة كي يرافـق على العشاء القبطان روبرت فيتـزروي، الذي حالت رتبته دون تمضيتـه للوقت مع سيد نبيل. واختـار فيتزروي - الذي كان غريب الأطوار - داروين؛ لأنه أحبّ شكل أنف داروين (وقد قال: إن هذا يعكس عمق الشخصية). لم يكـن داروين خيار فيتزروي الأول، ولكنه اختير لأن رفيق فيتزروي المفضّل انسحب. ومـن منظـور القرن الواحد والعشريـن كانت السمة المشتركة الأكـثر إدهاشاً بين الاثنين هي فتوّتهما الكبيرة. ففي وقت الإبحار، كان فيتزروي في الثالثة والعشرين فحسب، وكان داروين في الثانية والعشرين.

كانـت وظيفة فيتزروي الرسمية هـي أن يضع خريطة للميـاه الساحلية، ولكن هوايتـه وولعه كانـت البحث عن تفسير حـرفي توراتي للخلق. وبمـا أن داروين كان مدرّبـاً من أجل منصب الكاهن فقد كان هذا محوريـاً لقرار فيتزروي؛ كي يدعوه إلـى الرحلـة. وحين برهن داروين لاحقاً أنه لا يعتنـق الليبرالية فحسب، وإنما غير مخلص للمبادئ المسيحية فقد صار هذا مصدراً للخلاف الدائم بينهما.

كان الوقت الذي قضاه داروين على متن البيجل من 1831 إلى 1836 على ما يبدو التجربة المُشكّلة لحياته، ولكنها كانت أيضاً أكثر تجريبياً. اقتسم هو وقبطانه كبيناً صغيراً، الأمر الذي لم يكن سهلاً بما أن فيتزروي كان يخضع لنوبات الغضب، التي تتبعها فورات من الاستياء الكبير. وكان هو وداروين يتخاصمان دوماً، وكانت بعض الخصومات «تتاخم الجنون»، كما تذكّر داروين فيما بعد. مالت الرحلات البحرية إلى أن تصبح مشروعات كئيبة في أفضل الأوقات، فقد انتحر قبطان البيجل السابق، مطلقاً رصاصة على دماغه في أثناء لحظة من الكآبة والوحدة، وجاء فيتزروي من أسرة معروفة بميلها إلى الكآبة. أما عمه، الفسكونت كاسلري، فقد ذبح نفسه في العقد السابق حين كان يعمل وزيراً للمال. (انتحر فيتزروي بالطريقة نفسها في عام 1865). وحتى حين يكون مزاجه رائقاً، برهن فيتزروي بأنه غير قابل للمعرفة بشكل غريب. ذُهل داروين حين علم في نهاية الرحلة أن فيتزروي تزوّج فوراً امرأة شابّة خطبها منذ وقت طويل. فطوال خمس سنوات من رفقته مع داروين، لم يلمّح مرة واحدة إلى الارتباط، أو يذكر اسمها.

كانت رحلة البيجل انتصاراً في المناحي الأخرى جميعها. جرّب داروين المغامرة وجمع كميات من العيّنات لصناعة شهرته وجعله منشغلاً لسنوات عدة. عثر على مجموعة نفيسة من الأحافير القديمة المهمة، وبينها أروع (بهضم megatherium) معروف حتى الآن؛ نجا من زلزال مهلك في تشيلي؛ واكتشف أنواعاً جديدة من الدلافين (التي سمّاها بإحساس بالواجب على اسم القبطان فيترزوي Delphinus Fitzroyi)؛ وقام باستقصاءات جيولوجية مفيدة عبر الأنديز؛ وطوّر نظرية جديدة لاقت إعجاباً كبيراً عن تشكّل الشّعب المرجانية، التي اقترحت - وليس من قبيل المصادفة - أن الشّعب لا يمكن أن تتشكّل في أقل من مليون سنة. كان هذا التلميح الأول عن فكرته حول قِدم العمليات الأرضية. وفي عام 1836، وفي سن السابعة والعشرين، عاد إلى الوطن بعد أن غاب خمس سنوات ويومين. ولكنه لم يغادر بريطانية بعد ذلك.

كان هناك شيء لم يفعله داورن في رحلته هو مناقشة نظرية النشوء. ذلك أن النشوء كان مفهوماً قديماً يعود إلى ثلاثينيات القرن التاسع عشر. فقد بجّل جدّ دارون، إرازموس، المبادئ النشوئية في قصيدة بعنوان «معبد الطبيعة» قبل سنوات من ولادة تشارلز. ولم تأته فكرة أن الحياة صراع أبدي وأن الانتخاب الطبيعي وسيلة تساعد بعض الأنواع على الازدهار على حساب أنواع أخرى، إلى أن عاد دارون الشاب إلى إنكلترة وقرأ كتاب توماس مالتوس (مقالة في مبدأ السكان) (التي قالت: إن الزيادة في الطعام والمؤونة لا يمكن أن تتماشى أبداً مع النموّ السكاني لأسباب رياضية». وبشكل محدد، ما رآه دارون هو أن المتعضّيات جميعها تتنافس على الموارد، وأولئك الذين يمتلكون بعض التفوق الفطري سيزدهرون ويمررون ذلك التفوق إلى سلالتهم. بهذه الوسيلة ستتحسّن الأنواع باستمرار.

تبدو فكرة بسيطة بشكل كريه -إنها فكرة بسيطة بشكل كريه- ولكنها تشرح بقدر كبير، وكان دارون مستعداً كي يكرّس حياته لها. «كم كنتُ غبيّاً لأنني لم أفكّر فيها!» صاح تي.إتش. هكسلي حين قرأ كتاب أصل الأنواع. وهي وجهة نظر تكررت منذ ذلك الوقت.

من المثير أن دارون لم يستخدم عبارة «بقاء الأنسب» في أعماله (بالرغم من أنه عبّر عن إعجابه بها). نحت هربرت سبنسر التعبير في عام 1864، بعد خمس سنوات من نشر أصل الأنواع، في كتابه مبادئ البيولوجيا. لم يستخدم دارون كلمة «نشوء» حتى الطبعة السادسة من كتابه (وفي ذلك الوقت صار استخدامها واسع الانتشار بحيث لا تمكن مقاومته)، مفضلاً بدلاً من ذلك «انحدار مع تعديل». فضلاً عن ذلك، لم يلهم استنتاجاته جميعها بأي طريقة الوقت الذي قضاه في جزر الغالاباغوس، وخصوصاً حين لاحظ تغايراً مهماً في مناقير طيور البِرقش. فالقصة كما تُروى تقليدياً (أو على الأقل كما يتذكرها كثيرون منا بشكل متكرر) هي أن دارون، فيما كان يسافر من جزيرة إلى أخرى، لاحظ أن مناقير طيور البرقش كانت متكيفة بشكل مدهش لاستغلال الموارد المحلية. كانت المناقير في

إحدى الجزر صلبة وقصيرة وجيدة لكسر الجوز، بينما كانت في الجزيرة الآتية طويلة ورقيقة ومناسبة جداً لاستخراج الطعام من الصدوع، وهذا ما دفعه إلى التفكير في أن الطيور لم تُخلق على الأرجح بهذه الطريقة، وإنما بمعنى ما خلقتْ نفسها.

قامت الطيور بخلق نفسها في الواقع، ولكن لم يكن دارون هو الذي لاحظ هذا. ففي زمن رحلة البيجل كان قد خرج دارون لتوّه من الجامعة، ولم يكن قد أصبح عالم طبيعة مكتملاً، وهكذا أخفق في رؤية أن طيور الغالاباغوس كانت كلها من نوع واحد. كان صديقه عالم الطيور جون جولد هو الذي أدرك أن ما عثر عليه دارون هو كثيرٌ من طيور البرقش ذات المواهب المختلفة. ولسوء الحظ، لم يلاحظ دارون في تجربته أي طيور جاءت من أي جزر (ارتكب خطأ مشابهاً حيال السلاحف). واستغرق الأمر سنوات لتصحيح الأمر.

وبسبب هذه الاكتشافات المتنوّعة، والحاجة إلى البحث في صناديق كثيرة من عيّنات البيجل، لم يبدأ دارون حتى عام 1842 - بعد خمس سنوات من عودته إلى إنكلترة - بوضع مخطط مبادئ نظريته الجديدة. وقد وسّعها إلى 230 صفحة بعد عامين. ثم قام بشيء فائق للعادة: ترك ملاحظاته جانباً وفي العقد والنصف اللاحقين شغل نفسه بأمور أخرى. أنجب عشرة أولاد، وكرّس تقريباً ثماني سنوات لتأليف كتاب شامل عن البرنقيل (أكره البرنقيل كما لم يكره رجل من قبل، قال، بشكل مفهوم، لدى إنهاء العمل) وسقط فريسة لاضطرابات غريبة تركته قلقاً بشكل مزمن، ومغشيّاً عليه، و«مضطرباً»، كما عبّر عن الأمر. واشتملت الأعراض على غثيان مروع وارتعاد، وشقيقة، وإعياء وارتجاف، وبقع أمام العينين، وضيق نَفَس، و«دوار في الرأس»، وبشكل غير مفاجئ، الاكتئاب.

لم يعرف سبب المرض أبداً. وكان الأكثر رومانسية وربما الأكثر ترجيحاً بين كثير من الاحتمالات المقترحة هو أنه عانى من داء شاغاس (الدُّراق الطفيلي)(*)، وهو مرض استوائي ربما انتقل إليه من عضة حشرة Benchuga في أمريكة

(*) مرض استوائي يُحدث حمّى مرتفعة متطاولة وتضخُّماً في الطحال والكبد. يُنسب إلى الطبيب البرازيلي كارلوس شاغاس الذي كان أول من وصفه. المترجم.

الجنوبيـة. وكان الشرح الأكثر واقعيّة هو أن حالته كانـت سيكوسوماتيّة*(*). وفي غالـب الأحيان لم يكن يستطيع العمل لأكثر من عشرين دقيقة، وأحياناً لا يستطيع حتّى هذا.

كان كثير من وقته المتبقي مكرّساً لسلسلة من العلاجات اليائسة بشكل متزايد كحمامات ماء مثلج، والغطس في الخلّ، وتغليف نفسه «بسلاسل كهربائية» أخضعته لبعض صدمات التيّار. صار ناسكاً، ونادراً ما يغادر منزله في كينت، داون هاوس. وكان أحد أفعاله الأولى لدى الانتقال إلى المنزل هو وضع مرآة خارج نافذة مكتبه؛ كي يتعرف على الزوّار ويتجنّبهم عند الضرورة.

أبقـى دارون نظريته لنفسه؛ لأنه عرف جيّـداً العاصفة التي يمكن أن تسبّبها. وفي عـام 1844 - العـام الذي أقفـل فيه على ملاحظاته - أثار كتـاب بعنوان آثار التاريـخ الطبيعي للخلق غضب كثير من عالم المفكرين حين اقترح أنه من المحتمل أن البشـر تطوّروا مـن بدائيين أدنى دون مساعدة خالق إلهـي. متوقعاً الصرخة، اتخـذ المؤلف خطـوات حريصة كي يخفـي هويّته، وأبقاها سريـة حتى عن أقرب أصدقائـه في الأعوام الأربعين الآتية. وتساءل بعضهم إن كان دارون نفسه قد ألف الكتـاب؟ واشتبـه آخرون بأن المؤلـف هو برنس ألـبرت. وفي الحقيقة، كان المؤلف ناشـراً أسكتلندياً ناجحـاً وغير مدّعٍ يُدعى روبرت تشامـبرز الذي كان لتردده في الإفصـاح عـن نفسه بعد عملي وكذلك بعد شخصي: وكانـت شركته ناشرة بارزة للكتـب المقدسـة(**). شُنّ هجـوم عنيف على كتاب آثار من فـوق المنابر في أنحاء إنكلترة كلها وما وراءها، ولكنه جذب أيضاً كمية جيّدة من غيظ الباحثين. وكرست مجلة إدنبرة ريفيو عدداً كاملاً تقريباً 85 صفحة لتمزيقه إلى أشلاء. وحتى (تي.

(*) ناشـئ عن تفاعل بين الظواهر الجسدية والظواهر النفسية. والسيكوسوماتي شخص يتكشّف عن أعراض جسدية، أو أعراض جسدية وعقلية ناشئة عن اعتلال عقليّ.

(**) كان دارون أحد القلة الذين خمّنوا بشكل صحيح. حدث أنه كان يزور تشامبرز في أحد الأيام حـين تم إرسـال نسخة سابقاً من الطبعة السادسة من كتاب آثـار. كانت الدقة التي فحص بها تشامـبرز التنقيحـات نوعاً من الإفشاء البريء، بالرغم مـن أن الرجلين لم يناقشا الأمر على ما يبدو.

إتش. هكسلي)، الذي يؤمن بالنشوء، هاجم الكتاب ببعض السميّة، غير مدرك أن المؤلف كان صديقاً له.

كان من الممكن أن يظلّ مخطوط دارون حبيس الأدراج حتى وفاته، ولكن بسبب ضربة مرعبة جاءت من الشرق الأقصى في أوائل صيف عام 1858، في شكل رزمة تحتوي على رسالة ودّية من عالم طبيعة شاب يُدعى (ألفرد رسل والاس) ونسخة من دراسة بعنوان «في ميل التنوّعات إلى أن تغادر بلا نهاية النمط الأصلي»، تلخّص نظرية الانتخاب الطبيعي التي كانت بشكل واضح مشابهة لمذكرات دارون السرّية. كانت الصياغة تشبه صياغة دارون. وقال دارون بمقت: «لم أرَ أبداً مصادفة مفاجئة أكثر من هذه». «لو كان لدى والاس مخطط مخطوطي الذي كُتب في 1842، لما كان بوسعه أن يكتب خلاصة قصيرة أفضل».

لم يدخل والاس في حياة دارون بشكل مفاجئ كما يقال أحياناً. كان الاثنان يتراسلان سابقاً، وقد أرسل والاس لدارون أكثر من مرة عيّنات بسخاء، معتقداً أنها تهمّه. وفي مجرى هذه التبادلات حذر دارون بدماثة والاس من أنه يعدّ موضوع خلق الأنواع من اختصاصه الحصري. «إن هذا الصيف سيجعل المدة عشرين سنة(1) منذ أن فتحت دفتري الأول حول مسألة كيف وبأي طريقة تختلف الأنواع عن بعضها بعضاً»، كتب إلى والاس منذ مدة. «أقوم الآن بتحضير عملي للنشر»، أضاف، بالرغم من أنه لم يكن يفعل ذلك.

أخفق والاس في فهم ما كان دارون يحاول قوله له. وعلى أي حال لم يكن بوسعه امتلاك أي فكرة أن نظريته كانت تقريباً مطابقة لنظرية كان دارون يطوّرها لطوال عقدين.

وجد دارون نفسه في مأزق مؤلم. إذا اندفع إلى النشر كي يحفظ أسبقيته، فإنه سيستفيد من إشارة من معجب بعيد. ولكن إذا تنحّى جانباً - كما يقتضي سلوك السادة - فإنه سيفقد السبق من أجل نظرية قام بتطويرها بشكل مستقل. كانت نظرية والاس، باعترافه هو نفسه، نتيجة وميض استبصار؛ أما نظرية دارون فقد

كانـت نتاج أعوام مـن الفكر المنهجي الدقيق والـكادح. كان هذا غير عادل بشكل ساحق.

ومـن أجل مضاعفـة بؤسه أصيـب ولده الأصغر، الـذي سمّاه تشارلـز أيضاً، بالحمى القرمزية وكان مريضاً بشكل خطر. وفي أوج هذه الأزمة، في 28 حزيران، تـوفي الطفل. وبالرغم مـن انشغاله بمرض ولده، عثر داروِن على الوقت كي يرسل رسائـل إلى صديقه تشارلز ليـل وجوزف هوكر، عارضاً التنحـي جانباً ولكنه نبه أن فعـل ذلـك يعنـي أن كل عمله، «سوف يُقضـى عليه». وجاء ليـل وهوكر بتسوية هـي تقديم ملخص لأفـكار داروِن ووالاس سوية. وكان الحل الذي استقرا عليه هو اجتماع للجمعية الليينية، التي كانت تصارع آنذاك كي تعثر على طريق العودة إلى عادتهـا كمركز للصدارة العلميـة. وفي 1 تموز 1858 كُشفت نظرية داروِن ووالاس للعالم. لم يكن داروِن حاضراً. وفي يوم الاجتماع كان هو وزوجته يدفنان ولدهما.

كان تقديم داروِن والاس واحداً من سبعة في ذلك المساء، كانت هناك محاضرة عـن نباتات أنغولا المزهرة، لم يكن الجمهـور المؤلف من ثلاثين شخصاً يمتلك أي فكرة أنه يشهد الأوج العلمي للقرن، ولم يظهر أي إشارة تدل على ذلك. لم يحدث نقاشـ. ولم يجذب الحدث كثيراً من الانتباه في أمكنـة أخرى. قال داروِن بابتهاج فيمـا بعد: إن الشخص الوحيد الذي ذكـر البحثين في الطباعة هو الأستاذ هوتون مـن دبلـن، وكان استنتاجه هو «أن كل ما هو جديد فيهمـا مزيّف، وما هو صحيح قديم».

والاسـ – الذي كان ما يزال في الشرق البعيـد – سمع بهذه المناورات بعد وقت طويـل من الحدث، ولكنه كان رصينـاً بشكل لافت، وبدا مسروراً أنه تم إدراجه في كل هذا. حتى إنه أشار إلى النظرية بعد ذلك دوماً بـ «الداروينية».

كان الأقـل ميلاً لقبول أسبقية داروِن هـو الحدائقي الأسكتلندي باتريك ماثيو الذي وصل بشكل لافت إلى مبادئ الانتخاب الطبيعي منذ أكثر من عشرين عاماً، في العـام نفسه الذي أبحر فيه داروِن على مـتن البيجل. ولسوء الحظ، نشر ماثيو

وجهات النظر هذه في كتاب بعنوان (الأشجار البحرية وزراعة الأشجار)، الذي لم ينتبه إليه لا داروون ولا العالم برمته. ردّ ماثيو بطريقة حيوية في رسالة إلى جاردنر كرونيكل حين رأى داروون يكسب الشهرة في كل مكان من أجل الفكرة، التي كانت في الحقيقة فكرته. اعتذر داروون دون تردّد، بالرغم من أنه لم يدوّن ذلك: «أعتقد أنه لا أحد سيشعر بالدهشة من أنه لا أنا ولا أي عالم طبيعة آخر على ما يبدو، قد سمع بوجهات نظر السيد ماثيو، نظراً إلى قصرها وإلى كونها ظهرت في ملحق عن الأشجار البحرية وزراعة الأشجار».

تابع والاس مدة خمسين سنة أخرى كعالم طبيعة ومفكّر، وأحياناً كان مفكراً جيداً جداً، ولكنه هجر العلم واهتم بأمور ملتبسة كالروحانيات واحتمال وجود الحياة في مكان آخر من الكون. وهكذا صارت النظرية - بسبب الإهمال - حكراً على داروون وحده.

لم يتوقف داروون أبداً عن كونه معذباً من أفكاره. أشار إلى نفسه بأنه «كاهن الشيطان» وقال: إن الكشف عن النظرية هو «مثل الاعتراف بجريمة». وبغض النظر عن كل شيء آخر، عرف أنها آلمت بعمق زوجته الحبيبة المتدينة. وحتى هكذا، انطلق إلى العمل فوراً موسّعاً مخطوطه إلى كتاب. ودعاه مؤقتاً «خلاصة مقال في أصل الأنواع وضروبها من خلال الانتخاب الطبيعي». كان هذا العنوان فاتراً ومؤقتاً بحيث إنّ ناشره جون مري قرر إصدار 500 نسخة فقط. ولكن حالما اطلع على المخطوط وعلى عنوان أجمل أعاد مري التفكير وقرر طبع 1,250 نسخة.

حقق كتاب أصل الأنواع نجاحاً تجارياً فورياً، غير أن نجاحه النقدي كان قليلاً. قدمت نظرية داروون صعوبتين غير قابلتين للحل. كانت تحتاج إلى مزيد من الوقت أكثر مما كان اللورد كلفن يرغب بالتسليم، ونادراً ما كانت مدعومة بدليل الأحافير. وسأل نقاد داروون الأكثر فهماً: أين تلك الأشكال المؤقتة التي أشارت إليها نظريته؟ إذا كانت الأنواع الجديدة تتطور باستمرار، يجب أن يكون هناك إذاً كثير من الأشكال الوسيطة مبعثرة في سجل الأحافير، ولكن لم يكن هناك أي

شيء(*) . وفي الحقيقة، لم يظهر السجل كما كان آنذاك (ولوقت طويل بعد ذلك) أي حياة حتى لحظة الانفجار الكمبري المشهور.

ولكـن كان هنــاك داروَن - دون أي دليـل - يلح أن البحــار الأولى كان يجب أن تكـون زاخرة بالحيــاة ولم نعثر عليها بعـد لأنه، مهما كان السبـب، لم تُحفظ. لم يكـن بوسعهــا أن تكون غير ذلك. وأكـد داروَن: «إن القضية حاليــاً يجب أن تبقى غــير قابلة للشرح، ويمكن أن يُلح عليهــا بوصفها حجة صالحة ضد وجهات النظر المطروحة هنا». لقد سمح بكل صراحة، ولكنه رفض أن يسمح احتمالاً بديلاً. وعبر الشرح قال بشكل مبتكر ولكن غير صحيح ربما كانت البحار الكمبرية صافية جداً بحيث لا يمكن ترك الرسابة وبالنتيجة لم تُحفظ أي أحافير.

تضايق حتى أعز أصدقاء داروَن من استهتار بعض تأكيداته. قال آدم سيدجويك - الــذي درّس داروَن في كمبريدج وأخذه في رحلـة جيولوجية إلى ويلز عام 1831 - إن الكتــاب «سبـب له ألماً أكثر مما منحه متعة». وقــال لويس أجاسيز، عالم الإحاثة السويسري الشهير: إن هذا تخمين لا أساس له. وقال لويل بكآبة: «إن داروَن يشطح».

كـره تي. إتش هكسلي إلحــاح داروَن على كميات كبيرة من الزمن الجيولوجي؛ لأن هكسلــي كان مــن القائلــين بالطفرة، فكـرة أن التغــيرات التطورية لا تحدث تدريجيــاً وإنما فجأة. إن القائلــين بالطفرة (والأصل اللاتينــي للكلمة الإنكليزية هنــا يعنــي القفزة) لم يستطيعــوا قبــول أن المتعضيّات المعقّدة يمكــن أن تبزغ في مراحــل بطيئــة. ما فائدة عشر جناح أو نصف عــين في النهاية؟ إن أعضاء كهذه، كما اعتقدوا، لها معنى فحسب في حالة مكتملة.

كان المعتقــد مفاجئاً قليلاً في روح جذرية كـروح هكسلي؛ لأنه استدعى بسرعة نظرية دينية محافظة جداً، كان أول من وضعها هو عالم اللاهوت الإنكليزي ويليم

(*) بالمصادفة، في 1861، في أوج الجدل، ظهر ذلك الدليل حين عثر العمال في بافاريا على عظام archaeopteryx وهو مخلوق في منتصف الطريق بين الطائر والديناصور. (كان له ريش، ولكن لـه أيضاً أسنان). كان هذا اكتشافـاً مؤثراً ومساعداً، ويجب أن تناقـش أهميته ولكن اكتشافاً واحداً لا يكاد يُعدّ حاسماً.

بـالي في عام 1802، وعرفت باسم «اشتقاق الحجة من النظام». قال بالي: إنه إذا عثرت على ساعة جيب على الأرض، حتى لو لم يحدث أن رأيت شيئاً كهذا من قبل، فإنك ستُدرك على الفور أنها صُنعت من قبل كيان ذكي. وهكذا - كما اعتقد - كان الأمـر في الطبيعـة: إن تعقيدها برهان على نظامها. كانت النظرية قوية في القرن التاسـع عشر، وقد سببت مشكلات لـداروين أيضاً. وأقر في رسالة إلى صديق: «إن العين تسبب لي القشعريرة حتى اليوم». وسلّم في كتاب أصل الأنواع: «أعترف بكل حرية أنه لمن غير المقنع» أن الانتخاب الطبيعي يمكن أن ينتج أداة كهذه في خطوات تدريجية.

وحتـى هكذا، وبالرغم مـن الاستياء الذي لا ينتهي لمناصريـه - لم يلحّ داروين فحسـب على أن التغير تدريجـي - ولكن تقريباً في طبعات (أصل الأنواع) جميعها زاد كميـة الوقت التي افترضها ضرورية للسماح للتطور بالتقدم، مما جعل أفكاره غـير مفضلة بشكل زائد. «أخـيراً، وبحسب العالم والمؤرخ جيفـري شوارتز»، فقد داروين في الحقيقـة كل الدعـم الـذي كان باقياً بين صفوف مؤرخـي علم الطبيعة وعلماء الجيولوجيا.

وبشـكل ينطوي علـى مفارقة - آخذين في الحسبـان أن داروين دعا كتابه أصل الأنواع - فإن الشيء الوحيد الذي لم يستطع شرحه هو كيف نشأت الأنواع. اقترحت نظريـة داروين آلية تشرح كيف يمكن أن تصير الأنواع أكثر قوة أو أفضل أو أسرع، باختصـار، أكـثر ملاءمة ولكنه لم يشـرح كيف تطرح نوعاً جديـداً. فكّر مهندس أسكتلندي يُدعى فلمينغ جنكينز في المشكلة، وانتبه إلى خطأ مهم في حجة داروين. اعتقد داروين أن أي سمة مفيدة نشأت في جيل واحد ستُنقل إلى الأجيال اللاحقة، وبالنتيجـة تقوّي الأنواع. أشـار جنكينز إلى أن سمة مفضلـة في أحد الوالدين لن تصبح مهيمنة في الأجيـال اللاحقة، وإنما ستضعف بسبب الاختلاط. إذا سكبت الوسكي في إبريق ماء، فلن تجعل الوسكي قوية وإنما ستخفّفها. بالطريقة نفسها، إن أي سمـة مفضلـة يُدخلها أحـد الوالدين ستخف بالتعاقب مـن قبل المزاوجات اللاحقـة إلـى أن تختفي. وهكـذا كانت نظريـة داروين وصفة ليسـت للتغير وإنما

للاستمرارية. إن ضربات حظ يمكن أن تنشأ من مدة لأخرى، ولكنها ستتلاشى في الحال تحت الدافع العام لإرجاع كل شيء إلى توسّط ثابت. وإذا كان يجب أن يعمل الانتخاب الطبيعي فهناك حاجة إلى آلية غير مفكر فيها بديلة.

مجهولاً من قبل دارون ومن قبل الجميع، وعلى بعد 1200 كيلومتر في زاوية هادئة من وسط أوروبة كان هناك راهب متقاعد يدعى غريغور مينديل يبتكر الحل.

وُلد مينديل عام 1822 لأسرة متواضعة من المزارعين في مكان منعزل من الإمبراطورية النمساوية فيما هو الآن الجمهورية التشيكية. صوّرته الكتب المدرسية مرة كراهب بسيط متقيد بالتقاليد وريفي، وأن اكتشافاته تمّت بالمصادفة، نتيجة ملاحظة سمات مهمة في الوراثة بينما كان يعبث بنباتات البازلاء في حديقة مطبخ الكاتدرائية. وفي الواقع كان مينديل عالماً مدرّباً درس الفيزياء والرياضيات في مؤسسة أولمتز الفلسفية وفي جامعة فيينا، وكان كل ما فعله ممنهجاً علمياً. فضلاً عن ذلك، كانت الأبرشية في برنو حيث كان يعيش منذ 1843 معروفة بأنها مؤسسة تعليمية. كان فيها مكتبة من عشرين ألف كتاب وتراث من البحث العلمي الدقيق.

قبل أن يبدأ مينديل تجاربه، أمضى عامين يحضّر عيّنات الاختبار، وهي سبعة أنواع من البازلاء (البسلّى)، كي يتأكد من أنها تتناسل بشكل صحيح. ثم - وبمساعدة من مساعدين دائمين - قام بشكل مستمر باستيلاد وتهجين خلائط ثلاثين نوعاً من البازلاء. كان عملاً حسّاساً، يقتضي من الرجال الثلاثة بذل جهود دقيقة؛ كي يتجنّبوا التهجين التصادفي وأن ينتبهوا إلى التنوّعات جميعها في نموّ ومظهر البذور والقرون والأوراق والبراعم والأزهار. كان مينديل يعرف ما الذي يفعله.

لم يستخدم أبداً كلمة «مورِّثة» (جينة) لم تُنحت حتى عام 1913، في قاموس طبّي إنكليزي، بالرغم من أنه ابتكر مصطلحي «مهيمن» و«مُنحسر». ما أسسه هو أن كل بذرة تحتوي على «عنصرين» كما دعاهما: واحد مهيمن والآخر منحسر، وهذان العاملان، حين يُمزجان، ينتجان نماذج قابلة للتنبؤ من الوراثة.

حـوّل ميندل النتائج إلى صيغة رياضية دقيقة. وأمضى ثماني سنوات في تجاربه، ثم أكّد نتائجه بتجارب مشابهة على الأزهار والذرة ونباتات أخرى. وإذا قلنا أي شيء فإن ميندل كان علمياً جداً في مقاربته، ذلك أنه حين قدّم اكتشافاته في اجتماعَيْ شباط وآذار لجمعية التاريخ الطبيعي في برنو في 1865، أصغى جمهور من أربعين شخصاً بعناية، ولكنهم لم يتأثّروا على ما يبدو، بالرغم من أن استيلاد النباتات كان مصلحة عملية مهمة جداً لكثير من أعضاء الجمعية.

حين نُشر تقرير ميندل، أرسل بلهفة نسخة إلى عالم النبات السويسري العظيم كارل فلهلم فون (ناجيلي) Karl-Wilhelm von Nageli، الذي كان دعمه حيوياً تقريباً لنجاح النظرية. ولسوء الحظ، أخفق ناجيلي في فهم أهمية اكتشاف ميندل. واقترح أن يحاول ميندل استيلاد العُشبة الصقرية(*) . أطاعه ميندل ولكنه أدرك بسرعة أن العشبة الصقرية لا تمتلك أياً من السمات المطلوبة لدراسة قابلية التوريث. كان من الجليّ أن ناجيلي لم يقرأ الدراسة بدقة، أو ربما لم يقرأها أبداً. شعر ميندل بخيبة الأمل، فترك استقصاء قابلية التوريث، وأمضى ما تبقى من حياته يزرع الخضراوات المميزة، ويدرس النحل والفئران وكُلَف الشمس(**)، بين أمور أخرى كثيرة. وفي النهاية جُعل رئيساً للدير.

تم تجاهل مكتشفات ميندل على نطاق واسع كما قيل. وتلقت دراسته مدخلاً جيداً في الموسوعة البريطانية كانت سجلاً أبرز للفكر العلمي أكثر من الآن، وذُكرت بشكل متكرر في دراسة مهمة وضعها الألماني فلهلم أولبرز فوك Wilhelm Olbers Focke. ونظراً لأن أفكار ميندل لم تغب عن التفكير العلمي، وتغرق كان من السهل العودة إلى إنقاذها حين كان العالم مستعداً لها.

معاً - ودون أن يدركا ذلك - وضع دارون وميندل الأساس لكل علم الحياة في القرن العشرين. رأى دارون أن كل الأشياء الحية مرتبطة ببعضها بعضاً، وأنها

(*) نبات من الفصيلة المركّبة ذو زهرات صفراء أو برتقالية اللون. المترجم.

(**) بُقع داكنة تبدو بين فينة وأخرى على سطح الشمس. المترجم.

«تعـود سلالياً إلى مصـدر واحد مُشترك»؛ قـدّم عمل ميندل الآليـة لشرح كيف يمكـن أن يحدث هذا. كان بوسع الرجلين أن يساعدا بعضهما بعضاً بسهولة. كان لـدى ميندل طبعة ألمانية من كتـاب أصل الأنواع، ومن المعـروف أنه قرأه، ولا بد أنـه أدرك أن عملـه يمكن تطبيقه على عمل داروين، ولكنه على ما يبدو لم يبذل أي جهد كي يتصل معه. وداروين، بدوره، من المعروف أنه درس دراسة (فوك) المؤثرة بإشاراتها المتكررة إلى عمل ميندل، ولكنه لم يربطها بدراساته الخاصة.

إن الشـيء الوحيـد الـذي يعتقد الجميـع أنه يميّـز حجة داروين هـو أن البشر ينحـدرون من القـرود، لم تبرز مطلقـاً إلا كإشارة عابرة. وحتـى هكذا، لم يحتج الأمـر إلى قفزة خيالية كبيرة لرؤية المعـاني الضمنية للتطور البشري في نظريات داروين، وصارت على الفور موضوعاً فورياً للحديث.

حدثت المواجهة يوم السبت، 30 حزيران 1860، في اجتماع الجمعية البريطانية لتقدم العلم في أكسفورد. وقد تم حثّ هكسلي كي يحضر من قبل روبرت تشامبرز، مؤلـف آثـار التاريخ الطبيعي للخلق، بالرغم من أنـه كان ما يزال لا يعرف علاقة تشامبرز بذلك الكتاب الكبير المثير للجدل. كان داروين غائباً كما هو الحال دوماً. عُقـد الاجتماع في متحف أكسفورد لعلم الحيوان. وحضر أكثر من ألف شخص في الغرفة؛ وتم إبعاد مئة. وعرف الناس أن شيئاً كبيراً سيحدث، بالرغم من أنه كان عليهم الانتظار فيما كان متحدث ممل جداً يدعى وليم دريبر من جامعة نيويورك يشـق طريقه بشجاعة عبر ساعتين من الملاحظات التمهيدية عن «التطور الفكري لأوروبة مفكراً فيه عبر الإشارة إلى وجهات نظر داروين».

أخيراً، نهض أسقف أكسفورد صامويل ولبرفورس كي يتحدث. كان ولبرفورس قـد اطلع على الأمر (كما افترض عامةً) بشكل موجـز من رتشارد أوين المعارض المتحمس لـداروين، الذي زاره الليلة الماضية. وكما يحـدث عادة مع الأحداث التي تنتهـي بضجة، تتنوّع القصص عما رشح بشـكل كبير. وفي النسخة الأكثر شعبية، أن ولبرفورس حين كان يتحدث استدار إلى هكسلي بابتسامة جافة، وسأله إن كان

منحدراً من القردة عن طريق جدته أو جده؟ كان القصد من هذه الملاحظة هو السخرية دون شك، ولكنها جاءت كتحدٍّ بارد. استدار هكسلي إلى جاره وهمس: «لقد أرسله الله بين يدي»، ثم نهض باستمتاع معيّن.

تذكّر آخرون هكسلي وهو يرتجف من الغضب والاستياء. على أي حال، أعلن هكسلي أنه يفضل القرابة مع قرد بدلاً من شخص يستخدم مركزه؛ كي يقدم ثرثرة لا أساس لها فيما هو ندوة علمية كما هو مفترض. كانت هذه الإجابة الطاعنة وقاحة فضائحية، وإهانة لمكتب ولبرفورس، وتحولت المجريات فوراً إلى صخب. غشي على السيدة بروستر. وتجول روبرت فيتزروي، رفيق دارون على متن سفينة البيجل قبل خمس وعشرين سنة، عبر القاعة رافعاً الكتاب المقدس وهو يصيح: «الكتاب، الكتاب!» (كان في المؤتمر كي يقدم بحثاً عن العواصف كونه رئيس قسم الأرصاد الجوية المؤسس حديثاً). ومن المثير، أن كل طرف زعم فيما بعد أنه هزم الآخر. في النهاية أعلن دارون عن اعتقاده بقرابتنا مع القردة في كتابه تحدّر الإنسان عام 1871. كان الاستنتاج جريئاً، بما أنه لا شيء في سجل الأحافير دعم نظرية كهذه. كانت البقايا البشرية الأولى الوحيدة المعروفة هي العظام النياندرتالية من ألمانية، وبعض القطع القليلة غير المؤكدة من عظام الفكين، ورفض كثير من العلماء المحترمين أن يؤمنوا حتى بقدامتها. كان تحدّر الإنسان كتاباً مثيراً للجدل أكثر من أصل الأنواع، ولكن في وقت ظهوره قلت إثارة العالم وسببت حججه إثارة أقل. والسبب الأكبر هو أن داروين أمضى أعوامه الأخيرة مهتماً بمشروعات أخرى لم يتعلق معظمها إلا عرضيّاً بمسائل الانتخاب الطبيعي. أمضى أوقاتاً طويلة يلتقط زرق الطيور ويفحص المحتويات في محاولة لفهم كيف تنتشر البذور بين القارات، وأمضى المزيد من السنوات يدرس سلوك الديدان. وكانت إحدى تجاربه أن يعزف لها على البيانو لا لكي يسلّيها، وإنما كي يدرس تأثير الصوت والاهتزاز عليها. كان أول من أدرك أن الديدان مهمة جداً لخصوبة التربة. «يمكن أن يُشك إن كان هناك كثير من الحيوانات الأخرى التي

أدت دوراً مهماً كهذا في تاريخ العالم»، كتب في عمله الرائد عن الموضوع، تشكيل تراب الخضراوات عبر عمل الديدان (1881)، الذي كان أكثر شهرة من كتاب أصل الأنواع. ومن بين كتب داروين الأخرى عن الوسائل المختلفة التي تغذي بها الحشرات نبات السحلبية البريطاني والأجنبي (1862)، (والتعبير عن العواطف لدى الإنسان والحيوان) (1872)، الذي بيع منه 5,300 نسخة في يومه الأول، (وتأثيرات التخصيب التهجيني والذاتي في المملكة النباتية) (1876)، وهذا موضوع كان قريباً بشكل غير مرجح من عمل مينديل، ودون تحقيق أي شيء كاكتشافاته وقوة الحركة في النباتات. وأخيراً خصص كثير من الجهد لدراسة نتائج الاستيلاد الداخلي. وكانت هذه مسألة تهمه بشكل خاص. بعد أن تزوج ابنة عمه، اشتبه داروين بكآبة بأن نقاط ضعف جسدية وذهنية معيّنة بين أولاده ناشئة من غياب التنوّع في شجرة نسبه.

تلقى داروين كثيراً من التكريم في أثناء حياته، ولكن لم يتلقَّه أبداً عن أصل الأنواع أو انحدار الإنسان. منحته الجمعية الملكية وسام كوبلي الرفيع من أجل نظرياته في الجيولوجيا وعلم الحيوان والنبات، ولكن ليس من أجل نظرياته في النشوء، وكانت الجمعية اللينية مسرورة أيضاً كي تكرّم داروين دون اعتناق نظرياته المتطرفة. لم يُمنح أبداً لقب فارس، بالرغم من أنه دُفن في ويستمنستر آبي، إلى جانب نيوتن. وافت المنية داروين في نيسان 1882. وتوفي مينديل بعد عامين.

لم تحظَ نظرية داروين بقبول واسع حتى الثلاثينيات والأربعينيات، مع وصول نظرية مصقولة دُعيت بغطرسة معيّنة «التركيب الحديث»، وهي مزيج من أفكار داروين ومينديل وآخرين. ولم يكرم مينديل إلا بعد وفاته، ولكن هذا حدث في الحال. ففي 1900 أعاد ثلاثة علماء يعملون بشكل منفصل في أوروبة اكتشاف عمل مينديل بشكل متزامن تقريباً. وزعم أحدهم - وهو هولندي يُدعى هوجو دي فرايس - أن اكتشافات مينديل هي من عمله، قام منافس بإعلان صاحب أوضح فيه أن صاحب الحق في الاكتشاف هو الراهب المنسي.

كان العالم مستعداً تقريباً ولكن ليس بشكل كامل كي يبدأ بفهم كيف وصلنا إلى هنا: كيف صنعنا بعضنا بعضاً. ومن المذهل أن نفكّر حقاً أنه في بداية القرن العشرين، وبعد ذلك بسنوات، لم تستطع أفضل العقول العلمية في العالم أن تخبرك، بأي طريقة لها معنى، من أين يأتي الأطفال.

وهؤلاء - كما يمكن أن تتذكروا - رجال اعتقدوا أن العلم شارف على نهايته.



مادة الحياة

لـو لم يتـزوج والداك حـين فعلا هذا لكان مـن المحتمل ألا تكون هنـا لثانية أو لجـزء من مليون مـن الثانية. ولو لم يتزوج والداهمـا في وقت محدد بدقة لما كنت هنا أيضاً. ولو لم يفعل والداهما الشيء نفسه، ووالداهما من قبل، وهكذا دواليك، بشكل واضح ودون نهاية، لما كنت هنا.

عـد إلـى الوراء عبر الزمن لتبدأ ديون الأسلاف هـذه بالتجمع. عد إلى الوراء ثمانيـة أجيـال فقط إلى الوقـت الذي وُلد فيـه تشارلز داروين وإبراهـام لنكولن، وسيكـون هناك أكثر مـن 250 شخصاً يعتمـد وجودك على زواجهـم الذي تم في حينـه. تابع أكثر من ذلك، إلى زمن شكسبير وحجاج الميفلاور، وسيكون لديك ما لا يقـل عن 16,384 من الأسلاف تناقلوا المـادة الجينية بطريقة قادت في النهاية وبشكل إعجازي إليك.

منذ عشريـن جيلاً، كان عدد النـاس الذين تناسلوا لصالحـك 1,048,576. وقبـل خمسة أجيـال من هذا، كان هنـاك ما لا يقل عـن 33,554,432 من الرجال والنسـاء، الذين يعتمد وجودك علـى زواجهم. وقبل ثلاثين جيـلاً، سيكون العدد الكلـي لأسلافـك تذكّر أن هـؤلاء ليسوا أبناء عـم وعمات وأقربـاء آخرين، وإنما تعاقـب للوالديـن في خط يقـود بشكل متعـذر اجتنابـه إليك هو أكثر مـن بليون، (1,073,741,824، كـي نكـون دقيقين). وإذا عدت إلى الوراء 64 جيلاً، إلى زمن الرومـان، فإن عـدد النـاس الذين يعتمد وجودك علـى جهودهم التعاونية سيرتفع تقريبـاً إلـى مليون ترليون، وهذا أكبر بـآلاف عدة من العدد الكلـي للناس الذين سبق وعاشوا.

من الواضح أن هنـاك خطأ ما قد حدث في حساباتنا. ويمكن أن يهمك أن تعلم أن الإجابـة هـي أن خطك ليس نقياً. فأنت لا تستطيع أن تكـون هنا دون قليل من

سفاح القربى، وفي الحقيقة كثير منه ولو لمسافة جينية رصينة. وبوجود ملايين كثيرة من الأسلاف في خلفيتك، سيكون هناك كثير من المناسبات حين يكون ابن خال بعيد من ناحية أمك قد تزاوج مع ابنة عم بعيدة من ناحية أبيك في الدفتر الأستاذ. وإذا كنت الآن في شراكة مع شخص من سلالتك وبلدك، فإن فرص كونكما قريبين على مستوى ما ممتازة. والواقع أنك لو نظرت حولك في حافلة أو حديقة أو مقهى أو أي مكان مكتظ، فإن الناس الذين تراهم معظمهم من المرجّح جداً أنهم أقرباء. حين يتباهى أحدهم أمامك أنه انحدر من شكسبير أو وليم الفاتح يجب أن تجيبه على الفور: «وأنا، أيضاً!» بالمعنى الأكثر دقة وجوهرية نحن نشكل أسرة واحدة.

نحن متشابهون أيضاً بوضوح. قارن بين جيناتك وجينات أي إنسان آخر وستكون نفسها بنسبة 99.9%. هذا ما يجعلنا نوعاً. إن الفروق الطفيفة في الـ 0.1% المتبقية «تقريباً قاعدة نكليوتيد واحدة one nucleotide base في كل ألف»، كما قال عالم الوراثة البريطاني الحاصل على جائزة نوبل جون سلستون هو ما يمنحنا فرديتنا. وقد فُعل كثير في الأعوام الأخيرة في أثناء جمع الجينوم البشري. وفي الحقيقة، ليس هناك ما يُدعى بـ «الجينوم البشري». إن كل جينوم بشري يختلف عن الآخر. وإلا لكنا جميعاً متماثلين. إن إعادة المزج اللانهائية لجينوماتنا وكل منها مماثل للآخر هي ما يجعلنا ما نحن، كأفراد وكنوع في آن واحد.

ولكن ما هو بالضبط هذا الشيء الذي ندعوه الجينوم(*)؟ وما هي الجينات؟ حسناً، لنبدأ بالخلية مرة أخرى. في داخل الخلية نواة وداخل كل نواة هناك الكروموسومات 46 رزمة من التعقيد، 23 منها تأتي من الأم و23 من الأب. وباستثناءات قليلة جداً، إن كل خلية في جسمك لنقل 99.999% منها تحمل المجموعة الكاملة نفسها من الكروموسومات. (الاستثناءات هي كريات الدم

(*) المجموع الجينيّ، أو المجموع المورّثي: مجموعة كاملة من الكروموسومات الأحادية الصّيغة مع الجينات أو المورّثات التي تشتمل عليها. المترجم.

الحمـراء، بعض خلايـا الجهاز المناعي وخلايـا البويضة والحيـوان المنوي، التي لأسباب تنظيمية متنوّعة لا تحمل الرزمة الجينية الكاملة). تؤلف الكروموسومات المجموعـة الكاملة من التوجيهـات الضرورية لصناعتـك والمحافظة عليك، وهي مصنوعـة مـن أسلاك طويلـة من المـادة الكيماويـة العجيبة التـي تُدعى حمض ديوكسـي ريبونيوكلييك(*) أو الـ (DNA): «الجسيم الأكثر غرابة في العالم»، كما يُقال عنه.

يوجـد الـ (DNA) لسبب واحـد لإنتاج المزيـد من الـ (DNA) وتمتلك كثيراً منـه في داخلـك: مـتران منه مضغوطـان في كل خلية تقريبـاً. إن كل قطعة من الـ (DNA) تشتمـل علـى 3.2 بلايين رسالـة مشفرة، ما يكفي لتقـديم $10^{3,480,000,000}$ مـن الامتزاجات المحتملة، «والمضمونة كي تكون فريدة ضد كل الاحتمالات القابلة لـلإدراك»، كما قال كريستيـان دي دوف Christian de Duve. انظر إلى نفسك في المـرآة وفكر في حقيقة أنك تشاهد عشـرة آلاف ترليون خلية، وكل منها تقريباً تحمل ياردتين من الـ (DNA) المضغوط بكثافة، وستبدأ بإدراك كم تحمل من هذه المادة. لو كان كل الـ (DNA) الذي لديك منسوجاً في سلك واحد رائع، لكان هناك ما يكفي منه كي يمتد من الأرض إلى القمر ثم إلى الأرض مرة أخرى، وليس مرة واحدة أو مرتين وإنما مرة بعد أخرى. ووفق أحد الحسابات، يمكن أن يكون لديك 20 مليون كيلومتر من الـ (DNA) مضغوط في داخلك.

إن جسـدك، باختصـار يحب أن يصنع الـ (DNA)، ودونـه لا تستطيع أن تحيا. ولكـن الـ (DNA) ليس حيـاً بنفسه. إن الـ (DNA)، كما هـو، غير حي بخلاف كل الجسيمـات الأخـرى. إنه «بين الجسيمـات الأقل إبداعاً والأبلـد كيميائياً في العالم الحـي»، كمـا قال عالم الوراثة رتشارد ليونتين. ولهـذا يمكن استخراجه من بقع دم جافة أو من مني في تحقيقات الجرائم، ويُستخرج من عظام النياندرتاليين القدماء. ويشرح أيضاً لماذا استغرق العلماء وقتاً طويلاً كي يستنتجوا كيف أن مادة غير مهمة بشكل غامض أي غير حية، بتعبير آخر يمكن أن تكون في قلب الحياة نفسها.

(*) حمض نووي في نوى الخلايا خصوصاً، ويتحكم تحكماً كبيراً في عمليات الوراثة. المترجم.

كان الـ (DNA) - ككيـان معـروف - موجـوداً أطـول مما تظـن. اكتشفه في عـام 1869 جوهـان فريدريـك مايستشـر Johann Friedrich Miescher، وهو عـالم سويسـري درّس في جامعة توبنجـن في ألمانية. وبينمـا كان يفحص بالمجهر قيـح ضمـادات العمليات الجراحيـة، عثر مايستشـر على مادة لم يتعـرّف عليها وسماهـا النيوكليين (النُّووين) لأنها تستقر في نوى الخلايا. وفي ذلك الوقت، فعل مايستشـير أكثر من الانتباه إلى وجودها، ولكـن النيوكليين بقي بوضوح في ذهنه، لثـلاث وعشرين سنـة بعد ذلك، وفي رسالـة إلى عمه، أثار احتمـال أن جسيمات كهـذه يمكـن أن تكـون وكلاء الوراثة. كان هـذا اكتشافاً فائقاً للعـادة، ولكنه كان متقدماً على المتطلبات العلمية لزمنه التي لم تنتبه إلى ذلك مطلقاً.

وفي معظم نصف القرن اللاحق كان الافتراض الشائع هو أن المادة التي دعيت الآن بالـ (DNA) كان لهـا دور مساعد تقريبـاً في مسائل الوراثـة. كانت بسيطة جـداً. تحتوي على أربع مكوّنـات أساسية فقط، تُدعـى nucleotides، التي كانت مثـل الحصول على أبجدية بأربعة حروف فقط. كيف يمكن أن تكتب قصة الحياة بأبجدية بدائية كهـذه؟ (والإجابة هي أنك تفعل ذلك كثيراً بالطريقة نفسها التي تخلـق فيها الرسائل المعقدة بالنقاط البسيطة، والقواطع الأفقية لنظام مورس(*) عـن طريـق مزجهـا). لم يفعـل الـ (DNA) أي شيء مطلقـاً، بقدر مـا يستطيع أي شخـص أن يقـول. كان يجلـس هنـاك في النـواة فحسب، يربط علـى الأرجح الكروموسومات بطريقة معيّنة، أو يضيف رشة حمضية على الأمر، أو يقوم بمهمة أخرى تافهة لم يفكر فيها أي شخص آخر. إن التعقيد الضروري، كما اعتُقد، كان يجب أن يوجد في البروتينات في النواة.

كان هنـاك مشكلتـان - علـى أي حـال - في رفض الـ (DNA). أولاً، كان هنـاك كثـيرٌ منه (مـتران في كل خليّـة تقريباً) وهكـذا من الواضـح أن الخلايا قدرتـه بطريقة مهمـة ما. فضلاً عن ذلك، واصل الظهـور - كالمشتبه به في رواية

(*) نظام مؤلف من نقط وقواطع أو شرطات تمثل الأرقام أو حروف الهجاء يُستخدم لتوجيه الرسائل برقياً.

بوليسيـة - في التجـارب. وفي دراستين، واحدة تتضمن بكتيريـا النيومونوكوكوس pneumonococcus وأخـرى تشمـل ملتهمـة الجراثيـم*(*) (الفيروسـات التي تصيـب الجراثيم)، إن الـ (DNA) أهميةً لا يمكن أن تُشرح إلا إذا كان دوره أكثر أهمية مما اعتقد الفكر السائد. وبيّن الدليل أن الـ (DNA) كان منخرطاً نوعاً ما في صناعة البروتينات، وهذه عملية حيوية للحياة، مع ذلك كان من الواضح أيضاً أن البروتينـات تُصنع خارج النـواة، بعيداً عن الـ (DNA) الذي كان من المفترض أن يوجّه اجتماعها.

لم يستطـع أحد أن يفهم كيـف من المحتمل أن الـ (DNA) ينقل الرسائل إلى البروتينـات. نعـرف الآن أن الإجابة هي الحمض النـووي الرِّيبي RNA (حمض الريبونيوكلييـك)، الـذي يعمـل مترجماً بـين الاثنـين. وإنها لغرابـة ملحوظة في البيولوجيـا أن الـ (DNA) والبروتينـات لا يتحدثان اللغة نفسها. فطوال 4 بلايين سنة تقريباً كانا الفعل المزدوج العظيم للعالم الحي، ومع ذلك يجيبان على شفرات غـير متطابقة بشكل متبـادل، وكأن واحداً يتحدث الإسبانيـة والآخر الهندوسية. وكي يتواصلا يحتاجان إلى وسيط في شكل الحمض النووي الرِّيبي، عاملاً مع نوع مـا من الموظف الكيميائي الذي يُدعى الجسيم الريبي(**)، يقوم الحمض النووي الريبي بترجمة المعلومات من (DNA) الخلية إلى مصطلحات تستطيع البروتينات فهمها والعمل عليها.

علـى أي حال، في أوائل التسعينيـات، حيث نستأنف قصتنـا، ما نزال بعيدين جداً عن فهم هذا أو في الواقع أي شيء تقريباً له علاقة بالعمل المشوّش للوراثة.

كان مـن الواضح أن هنـاك حاجة لتجربة ذكية وملهمة، وقد أنتج العصر شابّاً يمتلـك القدرة والاستعداد على القيام بها. كان اسمـه توماس هنت مورغان. وفي

(*) أي من الفيروسات التي تحُلُّ الجراثيم. وهي توجد عادة في مياه البواليع وأقذارها، وفي أمعاء الإنسان والحيوان خصوصاً بعد الإبلال من إنتان بكتيري، وفي الصّديد والدم والبول. المترجم.

(**) أحـد الجسيمـات الدقيقة التي تتألف من بروتـين وآر إن إي التي تقـوم بتركيب البروتينات داخل الخلايا الحيّة. المترجم.

1904، بعد أربع سنوات من إعادة الاكتشاف التي تمت في حينها لتجارب ميندل على نباتات البازلاء - وقبل عقد من أن تصبح الجينة gene كلمة - بدأ يحقق إنجازات لافتة في حقل الكروموسومات.

اكتُشفت الكروموسومات مصادفة في عام 1888 ودعيت هكذا؛ لأنها كانت تمتص الصبغة، وهكذا كان من السهل رؤيتها بالمجهر. وعند انعطافة القرن اشتبه بقوة بأنها منخرطة في نقل السمات، ولكن لم يعرف أحد كيف - أو في الحقيقة إن كانت - تفعل هذا.

اختار مورغان موضوعاً لدراسته عبارة عن ذبابة صغيرة حسّاسة تُدعى رسميّاً ذبابة النّدى، ولكنها تُعرف بشكل أكثر شيوعاً باسم ذبابة الفاكهة (أو ذبابة الخل، وذبابة الموز، وذبابة القمامة). ويعرف جميعنا أن ذبابة الندى حشرة ضعيفة لا لون لها يبدو أن لديها دافعاً إكراهياً كي تغرق في شرابنا. أما كعيّنات مخبرية فإن لذباب الفاكهة ميّزات جذابة جداً: فإيواؤها وتغذيتها لا يكلفان شيئاً، يمكن أن تتكاثر بالملايين في زجاجات الحليب، وتنتقل من البويضة إلى الأبوة المنتجة في عشرة أيام، أو أقل وفيها فقط أربع كروموسومات، تجعل الأشياء بسيطة بشكل ملائم.

عمل في مختبر صغير (صار يُعرف باسم غرفة الذبابة) في قاعة شرمرهون في جامعة كولومبيا في نيويورك، وانصرف مورغان وفريقه إلى برنامج من المزاوجة الموسوسة والتهجين لملايين الذبابات (أحد كتّاب السيرة يقول بلايين، بالرغم من أن هذا مبالغ فيه على الأرجح)، وكل منها يجب أن يتم اصطياده بملقاط صغير وتُفحص بمكبّر صانع مجوهرات من أجل أي تنوعات صغيرة في الوراثة. حاولوا مدة ست سنوات أن ينتجوا سلالات جديدة بأي طريقة تخطر على بالهم، يصدمون الذبابات بالإشعاع وبأشعة إكس، ويربونها في الضوء المشّع وفي الظلمة، ويخبزونها بهدوء في الأفران، ويدوّرونها بشكل جنوني في أجهزة الطرد ولكن لم يعمل أي شيء. كان مورغان على حافة الاستسلام حين حصل تناسل (طفرة)

مفاجئ ومتكرر: ذبابة لها عينان بيضاوان بدلاً من الحمراوين المعتادتين. بهذا الفتح، كان مورغان ومساعدوه قادرين على توليد تشوّهات مفيدة، سمحت لهم أن يتعقبوا سمة عبر أجيال متعاقبة. بوسائل كهذه استطاعوا اكتشاف التواشج بين سمات معيّنة وكروموسومات فردية، مبرهنين أخيراً أن الكروموسومات هي في قلب الوراثة مما أرضى الجميع تقريباً.

على أي حال بقيت المشكلة على المستوى الآتي من التعقيد البيولوجي: الجينات الغامضة والـ (DNA) الذي ألفها. كانت هذه أكثر خداعاً بحيث لا يمكن عزلها وفهمها. وفي أواخر 1933، حين مُنح مورغان جائزة نوبل من أجل عمله، كان هناك كثير من الباحثين غير المقتنعين بأن الجينات موجودة. وكما قال مورغان في ذلك الوقت، لم يكن هناك إجماع «عما هي الجينات أو إن كانت حقيقية، أم من نسج الخيال». يمكن أن يبدو مدهشاً أن العلماء يمكن أن يصارعوا كي يقبلوا الحقيقة المادية لشيء ما جوهري للنشاط الخلوي، ولكن وكما يشير والاس وكينغ وساندرز في كتاب البيولوجيا: علم الحياة (ذلك الشيء الأكثر ندرة: كتاب جدير بالقراءة)، نحن اليوم في الموقف نفسه فيما يتعلق بالعمليات الذهنية كالفكر والذاكرة. نعرف أننا نمتلكها، ولكننا لا نعرف أي شكل مادي تتخذه، هذا إن فعلت ذلك. وكان الأمر هكذا مع الجينات لوقت طويل. إن فكرة أن تنتزع جينة واحدة من جسمك وتأخذها بعيداً من أجل الدراسة كانت سخيفة لكثير من أنداد مورغان، كفكرة أن العلماء اليوم يمكن أن يصطادوا فكرة ضالة ويفحصوها تحت المجهر.

ما كان صحيحاً بشكل مؤكد هو أن شيئاً ما مرتبطاً بالكروموسومات كان يوجّه تكاثر الخلايا. وأخيراً، في عام 1944 - بعد خمسة عشر عاماً من الجهد - نجح فريق في مؤسسة روكفلر في منهاتن يقوده كندي متوقّد الذكاء ولكنه غير واثق من نفسه يُدعى أوسفالد آفيري في تجربة مخادعة بشكل كبير، جُعلت فيها سلالة حميدة من البكتيريا مُعدية باستمرار عبر تهجينها بـ (DNA) غريب، مما برهن أن الـ(DNA) كان أكثر من جسيم هادٍ وأنه من المؤكد تقريباً أنه كان الوسيط الفاعل في الوراثة. وفيما بعد قال عالم الكيمياء الحيوية المولود في النمسا إرفن

شارجاف Erwin Chargaff بكل جدية: إن اكتشاف آفيري كان يستحق جائزتي نوبل.

ولسوء الحظ، عارض آفيري أحد زملائه في المؤسسة، وكان هذا متحمّساً للبروتين قوي الإرادة وسيئ الطبع يُدعى ألفرد ميرسكي، الذي فعل كل ما بوسعه كي يشوه عمل آفيري، بما فيه - كما قيل - تعبئة السلطات في مؤسسة كارولينسكا في ستوكهولم؛ كي لا تمنحه جائزة نوبل. كان آفيري في ذلك الوقت في السادسة والستين من عمره ومتعباً، وغير قادر على التعامل مع الجدل والجهد، استقال من منصبه ولم يقترب أبداً من مختبر مرة أخرى. ولكن تجارب أخرى أجريت في أمكنة أخرى دعمت بشكل ساحق استنتاجاته، وفي الحال انطلق السباق للعثور على بنية الـ (DNA).

لو كنت شخصاً يحب المراهنة في أوائل الخمسينيات لراهنت بنقودك بالتأكيد على لينوس بولينغ Linus Pauling من كالتيك Caltech، عالم الكيمياء الأبرز في أمريكة؛ كي يفكك بنية الـ (DNA). لم يكن بولينغ يُضاهى في تحديد هندسة الجسيمات وكان رائداً في ميدان دراسة التبلّر بأشعة إكس، وهي تقنية ستبرهن أنها حاسمة للتحديق في قلب الـ (DNA). وفي وظيفة مميزة بشكل كبير فاز بجائزتي نوبل (للكيمياء عام 1954 والسلام عام 1962)، ولكن فيما يتعلق بالـ (DNA)، صار مقتنعاً أن البنية هي لولب ثلاثي، وليس مزدوجاً، ولم يسر مطلقاً على المسار الصحيح. وبدلاً من ذلك، حقق الانتصار أربعة علماء في إنكلترة لم يعملوا كفريق، ولم يكونوا يتحدثون مع بعضهم وكانوا مبتدئين في هذا الميدان.

من الأربعة، كان الأقرب إلى الخبير العلمي التقليدي هو موريس ولكينز، الذي أمضى كثيراً من مدة الحرب العالمية الثانية يساعد في صناعة القنبلة الذرية. أما روزاليند فرانكلن وفرانسيس كريك، فقد أمضيا سنوات الحرب يعملان لدى الحكومة البريطانية، وكان كريك يعمل في صناعة الألغام، وكان الآخر، فرانكلين، يعمل في المناجم التي تنتج الفحم الحجري.

كان الأكثر تجديداً بين الرباعيّ هو جيمس واتسون، الطفل العبقري الأمريكي الذي ميّز نفسه حين كان طفلاً بوصفه عضواً في برنامج إذاعي مشهور جداً يدعى سؤال وإجابة للأطفال (وهكذا استطاع أن يكون على الأقل جزءاً من الإلهام لبعض أعضاء أسرة جلاس في فراني وزوني وأعمال أخرى لـ «ج.د.سالنجر»)، الذي دخل جامعة شيكاغو في سن الخامسة عشرة. حصل على الدكتوراه في سن الثانية والعشرين وصار الآن مرتبطاً بمختبر كافندش الشهير في كمبريدج. وفي عام 1951، كان شخصاً ثقيل الحركة برأس حيوي بشكل مدهش من الشعر، يظهر في الصور كأن مغناطيساً يشده خارج الإطار.

كان كريك أكبر منه باثني عشر عاماً، ولم يحصل على الدكتوراه بعد، كان شعره خشناً وكان أكثر ريفية. وفي رواية واتسن تم تقديمه بوصفه متبجّحاً ومتطفّلاً ومجادلاً بشكل ممتع، فاقداً للصبر من أي شخص يبطئ في المشاركة في فكرة، ومعرضاً باستمرار لخطر أن يُطلب منه الذهاب إلى مكان آخر. ولم يكن أيضاً مدرّباً في الكيمياء الحيوية.

وقد افترضوا على نحو صحيح كما تبيّن أنك إذا استطعت تحديد حجم جسيم الـ(DNA) فستتمكّن من رؤية كيف فعل ما فعله. كانوا يأملون أن يُنجزوا هذا - كما بدا - عبر القيام بأقل قدر ممكن من العمل وبما هو ضروري فحسب. وكما قال واتسون (ولو بلمسة تخلو من البراعة) في كتابه السيري اللولب المزدوج: «كان أملي أن تُحلّ الجينة دون أن أتعلّم أي كيمياء». لم يكونوا بالفعل معيّنين كي يعملوا على الـ (DNA)، وقد أمروا مرة أن يوقفوا هذا. كان واتسون يتقن ظاهرياً فنّ البلورّيات؛ وكان من المفترض أن يكمل كريك أطروحة في تحييد أشعة إكس للجسيمات الكبيرة.

وبالرغم من أن كريك وواتسون حظيا بالشهرة في الروايات الشعبية بأنهما كانا أول من حل لغز الـ (DNA)، إلا أن فتحهما كان يعتمد بشكل حاسم على عمل تجريبي قام به منافساهما، الذي تم الحصول على نتائجه «بالمصادفة»، كما عبّرت بلباقة المؤرخة ليزا جاردن. وكان يسبقهما بكثير - على الأقل في البداية - أكاديميان في كلية كينغ في لندن، هما ولكينز وفرانكلين.

كان ويلكينـز المولـود في نيوزلنـدة شخصاً متقاعـداً، إلى درجـة أنه كان غير مرئـي. وفي فيلم تسجيلي لـ PBS عن اكتشـاف بنية الـ (DNA) الإنجاز العظيم، الذي فاز بجائزة نوبل من أجله مع كريك وواتسون تم إهماله بشكل كامل.

كانـت شخصية فرانكلـين الشخصية الأكثر غموضاً بينهـم. وفي صورة حادة ودون أي مجاملـة صـور واتسـون في كتابه «اللولـب المزدوج» فرانكلـن امرأة غير عقلانيـة وسرية وغـير متعاونة، وهذا ما بـدا أنه ضايقه بشـكل خاص، أنها غير جذابة جنسياً بشكل إرادي. سمح بـ «لم تكن جذابة وكان يمكن أن تكون مذهلة لو أنها اهتمت بالثياب ولو قليلاً»، ولكنه في هذا خيّب كل التوقّعات. لم تستخدم أحمر الشفاه، قـال متعجّباً، بينما إحساسها بالثياب «أظهر كل خيال مراهقي الجوارب الزرقاء الإنكليز»(*).

على أي حـال، كان لديها أفضل الصور في الوجود للبنية المحتملة للـ (DNA)، وقـد تم إنجازها عن طريق أشعة إكس الخاصة بعلـم البلّورات، وهذه هي التقنية التـي أتمّها لينوس بولينغ. لقد استخدم علم البلّورات بشكل ناجح من أجل تحديد مواضـع الـذرات في البلّـورات، ولكـن جسيمات الـ (DNA) كانـت فرضية أكثر صعوبـة. نجحت فرانكلن فقط في الحصول علـى نتائج جيدة من العملية، ولكنها رفضت أن تطلع الآخرين على مكتشفاتها مما سبّب السخط الدائم لدى ولكينز.

إن عـدم تعاون فرانكلـن في مكتشفاتها لا يمكن أن يضعهـا موضع اللوم. ففي الخمسينيـات كانـت الأكاديميات الإنـاث في كينـغ يعاملن بـازدراء رسمي يحيّر الحساسيـات الحديثة (وبالفعل أي حساسيـات). فمهما كن مبرزات أو كاملات، لم يكن يُسمح لهن بالدخول إلى غرفة المتخرجين المشتركة، وإنما يجب أن يتناولن وجباتهـن في غرفـة معدة لأمور عملية أخرى. اعترفت واتسـون أنها كانت «ضيقة وقـذرة». فضلاً عن ذلك، كان يُضغط عليهـا باستمرار وأحياناً تتم مضايقتها كي

(*) في عـام 1968، ألغت مطبعة جامعة هارفارد نشر اللولب المـزدوج بعد أن شكا كريك وويلكينز مـن وصفه للشخصيات، الذي قالت عنه ليزا جاردن: إنه «مؤذٍ بلا مسوّغ». أما الوصف المذكور أعلاه فقد صيغ بعد أن خفف واتسون من تعليقاته.

تشاطر الرجال الثلاثة نتائجها، الذين نادراً ما ضاهى تلهّفهم للاطلاع على النتائج احترامهم لها. «أخشى أن أقول: إننا تبنّينا دوماً موقف الراعي إزاءها» قال كريك فيما بعد. كان اثنان من هؤلاء الرجال من مؤسسة منافسة وكان الثالث تقريباً يصف معهما. وهكذا لم يكن مفاجئاً أن تخفي نتائجها.

لم يكن ولكينز وفرانكلين على علاقة جيدة وقد استغل واتسون وفرانكلين هذا الأمر. وبالرغم من أن الاثنين كانا ينتهكان دون شعور بالعار منطقة ولكينز، إلا أنه وقف معهما دوماً، وليس بشكل مفاجئ بما أن فرانكلين كانت قد بدأت تتصرّف بطريقة غريبة. فبالرغم من أن نتائجها أظهرت أن الـ (DNA) كان لولبيّ الشكل، أصرّت على أنه لم يكن كذلك. ومما سبب مقت ولكينز واستياءه هو أنها أرسلت في صيف 1952 رسالة ساخرة حول قسم الفيزياء في كينغ قالت فيها: «بكل أسف علينا أن نعلن وفاة لولب الـ (DNA) يوم الجمعة، 18 تموز، 1952... نأمل أن يتحدث الدكتور م.إتش. ف. ولكينز في ذكرى اللولب المرحوم».

كانت نتيجة كل هذا هو أن ولكينز أطلع واتسون في 1953 على صور فرانكلين، «على ما يبدو دون معرفتها وموافقتها». سننتقص من الأمر إن وصفناه بأنه مساعدة مهمة له فحسب. فبعد سنوات، اعترف واتسون «أنه كان الحدث الأهم... لقد عبّأنا». مسلحين بمعرفة الشكل الأساسي لجسيم الـ (DNA) وبعض العناصر المهمة لأبعاده، ضاعف واتسون وكريك من جهودهما. وبدا كأن كل شيء الآن يتضح. وفي إحدى المرات كان بولينغ في طريقه إلى مؤتمر في إنكلترة كان من المحتمل أنه سيلتقي فيه ولكينز ويعرف ما يكفي كي يصحح المفاهيم المغلوطة التي وضعته على خط البحث الخاطئ؛ ولكن كانت هذه حقبة مكارثي وقد تم احتجاز بولينغ في مطار أيدلوايلد في نيويورك، صودر جواز سفره، بتهمة أن مزاجه ليبرالي جداً، بحيث يجب ألا يُسمح له بالسفر خارج البلاد. كان لدى كريك وواتسون الحظ الجيد الذي لم يكن أقل ملاءمة، وهو أن ولد بولينغ كان يعمل في كانفدش وكان يطلعهما ببراءة على التطورات والنكسات في الوطن.

كانــا لا يزالان يواجهان احتمال أن يتم التفوق عليهما في أي لحظة يكرس فيها واتســون وكريــك نفسيهما للمشكلة. كان من المعــروف أن الـ (DNA) يحتوي على أربعــة مكوّنات كيميائية تدعى الأدينين والغوانــين والسيتوسين والثيامين وأن هذه كانــت تزدوج بطــرق خاصة. وعبر اللعــب بقطع من الكرتــون مقطوعة على شكل الجسيمات، تمكّن واتسون وكريك من معرفة كيف تتلاءم القطع مع بعضها بعضاً. ومن هذه صنعا نموذج Meccano-like ربما الأكثر شهرة في العلم الحديث يتألف من صحون معدنية مثبّتة سوية في لولب، ودعيا ولكينز وفرانكلين وبقية العالم؛ كي يلقوا نظرة. كان بوسع أي شخص مطّلع أن يرى في الحال أنهما حلاّ المشكلة. كان دون شك قطعة رائعة من العمل البحثي، بدعم أو دون دعم من صورة فرانكلين.

نشر عدد 25 نيسان، 1953 من مجلة نيتشر مقالاً من 900 كلمة كتبها واتسون وكريــك بعنــوان «بنية الــ (DNA)». كان إلــى جانبه مقالان منفصــلان لكل من ولكينــز وفرانكلين. كان وقتاً زاخراً بالأحداث في العالم، كان إدموند هيلاري على وشك أن يتسلق إلى قمة إفرست، بينما كانت إليزابيث الثانية على وشك أن تصبح ملكــة متوجة، وهكذا فــإن اكتشــاف سرّ الحياة أُغفل بشــكل كبير. وقد ذُكر بشكل ضئيل في نيو كرونيكل وأهمل في الأمكنة الأخرى جميعها.

لم تحصل روسالينــد فرانكلين على جائزة نوبل. ماتت من سرطان المبيض في ســن السابعة والثلاثين في 1958، قبل أربع سنوات من منح الجائزة. وجوائز نوبل لا تُمنــح بعــد الوفاة. ومن المؤكــد أن السرطان نجم عن التعرضــ المفرط المزمن لأشعة إكس في أثناء عملها وكان يمكن تجنبه. وفي سيرتها الذاتية التي تُمدح فيها كثــيراً، قالت بريندا مادوكــس: إن فرانكلين نادراً ما ارتدت مئزراً عازلاً وكانت في غالــب الأحيان تخطو بإهمال أمــام الشعاع. لم يحصل أوزفالد آفيري على جائزة نوبــل أيضاً وأهملته الأجيال اللاحقة بشكل كامل، بالرغم من أنه على الأقل عاش طويلاً بما يكفي كي يرى مكتشفاته وقد أثبتت في عام 1955.

لم يُؤكـد اكتشاف واتسـون وكريك حتى الثمانينيات. وكمـا قال كريك في أحد كتبـه: «استغـرق الأمر 25 سنة لنموذجنا من الـ(DNA) كي ينتقل من كونه قابلاً للتصديق، إلى كونه مصدقاً جداً... ومن هناك إلى كونه في الحقيقة مؤكداً».

وحتى هكذا، وبعد فهم بنية الـ(DNA) كان التقدم في علم الوراثة سريعاً، وفي عـام 1968 نشرت مجلة سايـنس مقالاً بعنوان «كانت تلـك البيولوجيا الجسيمية التي كانت»، مقترحاً أن عمل علم الوراثة شارف على النهاية تقريباً.

إن في علـم الوراثـة في بدايتـه في الواقـع. -وحتـى الآن هناك- كثـيراً عن الـ(DNA) الـذي بالكاد فُهم، وليس لأن كثيراً منه لا يبدو بالفعل أنه يفعل أي شيء. يتألف 97% مـن الـ(DNA) الخاص بك من امتدادات طويلة من التحريف الذي لا معنـى له: «سقط» أو «(DNA) غير مشفّر» كمـا يفضل علماء الكيمياء الحيوية القول. وتعثر هنا وهناك في كل شريط على أقسام تتحكم بوظائف حيوية وتنظّمها. هذه هي الجينات الغريبة والمخادعة.

ليسـت الجينـات سـوى توجيهـات لصناعـة البروتينـات. وتقوم بهـذا الأمر بإخلاص بليد مؤكد. وبهذا المعنى، هي تشبه مفاتيح البيانو، يعزف كل منها لحناً مفرداً فحسب، وهذا ممل كما يبدو ورتيب. ولكن مزج الجينات، كما تمزج مفاتيح البيانـو، وبوسعك أن تنتج منظومات نغميّـة وألحاناً لا نهاية لتنوّعها. ضع كل هذه الجينات سوية (لنكمل الاستعارة) وسوف تحصل على سيمفونية الوجود العظيمة التي تعرف باسم الجينوم البشري.

إن الطريقـة البديلـة والأكثر شيوعاً لفهـم الجينوم هي اعتبـاره كتيّب توجيه للجسم. إذا نُظر إليه بهذه الطريقة، يمكن تصوّر الكروموسومات كفصول الكتاب والجينـات على أنها التوجيهـات الفردية لصناعة البروتينـات. أما الكلمات التي كتبت بها التعليمات فتُدعى الراموزات أو الكودات والأحرف تعرف باسم القواعد. وتتألف القواعد أحرف الأبجدية الجينية من 4 نيوكليوتيد ذكرناها منذ صفحة أو

اثنتين: الأدينين والثيامين والغوانين والسيتوسين. وبالرغم من أهمية ما يفعلونه، فإن هذه المواد غير مصنوعة من أي شيء غريب. إن الغوانين مثلاً، هو المادة نفسها، التي تتكاثر في سماد الغوانو، وتمنح اسمها له.

إن شكل جسيم الـ (DNA) - كما يعرف الجميع - هو مثل درج لولبي أو سلم حبال مائل: اللولب المزدوج المشهور. الأجزاء العليا من هذه البنية مصنوعة من نوع من السكّر يدعى الريبوز منقوص الأوكسجين واللولب كله هو حمض نووي، ومن هنا جاء اسم «الحمض النووي الريبي». وتتشكل الدرجات من قاعدتين تنضمان عبر الفراغ الذي بينهما، ويمكن أن تمتزجا بطريقتين فقط: يتوافق الغوانين دوماً مع السيتوسين ويتوافق الثيامين دوماً مع الأدينين. إن الترتيب الذي تظهر فيه هذه الحروف فيما تصعد، أو تنزل على السلّم يشكّل شفرة الـ (DNA)؛ وقد اكتشف ذلك مشروع الجينوم البشري.

يكمن التألق الخاص للـ (DNA) في أسلوب تكاثره. حين يحين وقت إنتاج جسيم (DNA) جديد، يغادر السلكان الوسط، مثل السحّاب في سترة، ويذهب كل نصف كي يشكّل شريكاً جديداً. ولأن كل نيوكليوتيد nucleotide على طول السلك ينسجم مع نيوكليوتيد محدد آخر، فإن كل سلك يخدم كقالب (جزيء) لخلق سلك مشابه جديد. إذا كنت تملك فقط خيطاً واحداً من الـ (DNA) الخاص بك، فإنك تستطيع بسهولة كافية أن تعيد بناء الجانب الملائم عبر استنتاج الشراكات الضرورية: إذا كانت الرافدة العليا على الخيط مصنوعة من الغوانين، فستعرف عندئذ أن الرافدة العليا على الخيط الملائم يجب أن تكون السيتوسين. اهبط على السلّم عبر كل مزاوجات النيوكليوتيد وفي النهاية ستحصل على الشفرة من أجل جسيم جديد. وهذا تماماً ما يحدث في الطبيعة، عدا أن الطبيعة تفعله بسرعة: في ثوانٍ فحسب، وهذا إنجاز عظيم.

يتضاعف الـ (DNA) الخاص بنا بدقة مطيعة في غالب الوقت، ولكن فقط أحياناً فقط مرة من مليون تصل رسالة إلى المكان الخطأ. وهذا يُسمّى تعدد

أشكال النيوكليوتيد، أو SNP، ويعرفه علماء الكيمياء الحيوية باسم Snip. وتدفن snips في امتدادات الـ (DNA) غير المشفر وليس لها تأثير سلبي قابل للرصد على الجسد. يمكن أن تتركك عرضة لمرض معين، ولكنها تقدم فائدة معينة أيضاً: اختضاب مثلاً، أو إنتاج متزايد لكريات الدم الحمراء لشخص ما يعيش في منطقة مرتفعة.

مع مرور الزمن، تتراكم هذه التعديلات الضئيلة في الأفراد وفي السكان، وتسهم في تميّز الاثنين.

إن التوازن بين الصحّة والأخطاء في المضاعفة رائع. إذا حدثت كثيرٌ من الأخطاء فإن المتعضّي لا يستطيع العمل، ولكن إذا حدث عدد قليل منها فإنه يضحّي بقابليته على التكيّف. يجب أن يوجد توازن مشابه بين الاستقرار والتجديد في متعض. إن ازدياد كريات الدم الحمراء يمكن أن يساعد الشخص أو المجموعة التي تعيش في مناطق مرتفعة على التحرك والتنفّس بسهولة أكبر؛ لأن المزيد من الكريات الحمراء تستطيع أن تحمل المزيد من الأوكسجين. ولكن كريات دم حمراء إضافية يمكن أن تجعل الدم كثيفاً. أضف كثيراً وسيكون «مثل ضخ النفط»، كما عبّر عالم الأنثروبولوجيا في جامعة تمبل تشارلز ويتز Cahrles Weitz. هذا صعب على القلب. وهكذا، إن المصممين للعيش في المرتفعات العالية يحصلون على فاعلية تنفّسية زائدة، ولكن يدفعون مقابلها قلوباً معرضة لمجازفات عالية. بهذه الوسيلة يعتني بنا الاصطفاء الطبيعي الخاص بدارون. يساعد أيضاً على شرح لماذا نحن جميعنا متشابهون.

إن التطور لن يجعلك ببساطة مختلفاً جداً، ليس دون أن تصبح نوعاً جديداً، بأي حال.

إن فرق 0.1% بين جيناتك وجيناتي تفسّره السنيبات Snips الخاصة بنا. والآن، إذا قارنت الـ (DNA) الخاص بك مع (DNA) شخص ثالث، فسيكون

هنـاك أيضـاً 99.9% من التواشج، ولكن السنيبـات Snips - في معظم الأحيان - تكون في مناطق مختلفة. أضف المزيد من الناس إلى المقارنة وستحصل على المزيد مـن السنيبات في مزيد من الأمكنة. فكل واحدة من قواعدك التي يبلغ عددها 3.2 بلايين، في مكان ما على الكوكب سيكون هناك شخص، أو مجموعة من الأشخاص، بتشفير مختلف في ذلك الموقع. لدينا 6 بلايين منها. نحن متشابهون بنسبة 99.9%، ولكن بالمقابل - وكما عبّر عالم الكيمياء الحيوية ديفد كوكس - «بوسعك القول: إن البشر كلهم لا يشتركون في أي شيء، وسيكون هذا صحيحاً، أيضاً».

ولكـن لا يـزال علينـا أن نشرح لمـاذا قليل من الـ (DNA) لـه أي هدف قابل للتمييـز. يبـدأ بأن يصبـح مثيراً للأعصـاب، ولكن يبدو في الحقيقـة كأن هدف الحيـاة هو جعل الـ (DNA) مستمراً. إن 97% مـن الـ (DNA) الخاص بنا الذي يُدعـى بشكل شائع بالسقـط هو مصنوع بشكل كبير مـن مجموعات من الرسائل التـي، كما يقول مـات ريدلي: «توجد للسبب البسيط والصـرف هي أنها جيدة في نسـخ نفسهـا»(*). إن معظم الـ (DNA) الخاص بك - بتعبير آخر - يريد فقط أن يكون، والـ (DNA) هو ما يجعله هكذا.

وحتى حين يحتوي الـ (DNA) على توجيهات لصناعة الجينات حين يشفّر لها، كما قال أحد العلماء فهو لا يقوم بعمل خفيف كما نتصور، إن أكثر الجينات شيوعاً لدينا هي من أجل البروتين وتُدعى المُنسخ المقلوب reverse transcriptase، وليس لهـا وظيفة مفيدة معروفـة في الكائنات البشرية مطلقـاً. إن الشيء الوحيد الذي تفعلـه هـو أنها تجعـل الفيروسات الارتجاعية مثـل الـ (HIV) (المسبب للإيدز) تنزلق غير مرئية داخل الجهاز الإنساني.

(*) للـ (DNA) استخـدام. إنه يستخـدم في البصمات. وقد اكتشفت عمليتـه من أجل هذا الهدف بالمصادفة من قبل أليك جيفريز، وهو عالم في جامعة لاشيستر. وفي 1986 كان جيفريز يدرس متتاليـات الـ(DNA) مـن أجل محددات وراثية لها علاقة بالأمراض الوراثية، وحين طلبت منه الشرطـة المساعـدة في ربط مجـرم بجريمتين أدرك أن تقنيته يجـب أن تعمل بشكل تام في حل الجرائم، وهكذا برهنت. وحُكم على خباز اسمه كولن بتشفورك بالسجن مدى الحياة من أجل

بتعبير آخر، إن أجسادنا تخصص طاقة معتبرة لإنتاج البروتين الذي لا يفعل أي شيء مفيد وأحياناً يضربنا بقسوة. ولا خيار لأجسادنا سوى أن تصنعه؛ لأن الجينات تأمر به. إننا قوارب لنزواتها. إن نصف الجينات البشرية تقريباً النسبة الأكبر المعروفة في أي متعض لا تفعل أي شيء مطلقاً - بقدر ما نستطيع القول - سوى أنها تعيد إنتاج نفسها.

إن المتعضيات جميعها هي بمعنى ما عبيد لجيناتها. لهذا السبب السلمون والعناكب وأنماط أخرى من الكائنات التي لا تُحصى تقريباً مستعدة للموت في عملية التزاوج. الرغبة في أن تلد، وأن توزع جيناتك، هذا هو الدافع الأقوى في الطبيعة. وكما عبّر شروين ب. نولاند: «إن الإمبراطوريات تسقط، والأنواع تنفجر، والسفمونيات العظيمة تُؤلف، وخلفها كلها هناك غريزة واحدة تتطلب الإشباع». ومن وجهة نظر تطورية، إن الجنس هو فقط آلية مكافأة لتشجيعنا على تمرير مادتنا الجينية.

لم يستوعب العلماء جيداً الأنباء المفاجئة بأن معظم الـ (DNA) الخاص بنا لا يفعل أي شيء حين بدأت مكتشفات أكثر إدهاشاً بالظهور. وقام العلماء - أولاً في ألمانيا، ثم في سويسرة - بتجارب غريبة أدت إلى نتائج غير غريبة. في إحدى هذه التجارب، أخذوا الجينة التي تتحكم بتطوّر عين فأرة وزرعوها في يرقة ذبابة فاكهة. وكانت الفكرة هي أنها يمكن أن تُنتج شيئاً ما غرائبياً. وفي الحقيقة، إن جينة عين الفأرة لم تصنع عيناً قابلة للحياة في ذبابة الفاكهة، لقد صنعت عين ذبابة. وهنا مخلوقان لم يشتركا في أي سلف لخمس مئة مليون عام، ومع ذلك يستطيعان أن يتبادلا المادة الوراثية كأنهما شقيقان.

كانت القصة نفسها تحدث أينما نظر الباحثون. اكتشفوا أنهم يستطيعون زراعة الـ (DNA) البشري في خلايا معيّنة للذباب وسيقبله الذباب وكأنه له. إن أكثر من 60% من الجينات البشرية - كما تبيّن - هي جوهرياً نفس التي عثر عليها في ذبابات الفاكهة. ويتواشج على الأقل 90% على مستوى ما مع تلك المكتشفة

في الفئــران. (لدينا أيضــاً الجينات نفسها لصناعة الذيل، فقـط لو أنها تريد أن تعمل). وفي حقل بعد آخر، اكتشف الباحثون في أي متعض يعملون عليه سواء أكان مــن الديدان الخيطية، أو الكائنات البشرية أنهم كانوا يدرسون جوهرياً الجينات نفسها. وبدا كأن الحياة استُمدت من مجموعة واحدة من برامج العمل.

اكتشــف المزيد من الأبحاث وجــود مجموعة من الجينــات الرئيسة المتحكمة، وكل منها تدير تطور قسم من الجسم، التي دُعيت بالمتجانسة أو hox genes. وقد أجابت هذه الجينــات عن السؤال الذي حيّر العلماء طويلاً، وهو كيف إن البلايين مــن الخلايــا الجنينية، التي تنشأ مــن بويضة واحدة مخصّبــة، وتحمل (DNA) مماثــلاً، تعرف أين تذهب وماذا تفعل: تصبح هذه خلية كبد، وتلك خلية عصبية مرنــة، وتلك فقاعة مــن الدم، وتلك جزءاً من وميض في جنــاح خافق. إن جينات hox هي التي ترشدها، وتفعل ذلك لكل المتعضيات بالطريقة نفسها.

مــن المهــم أن نعــرف أن كميــة المــادة الوراثيــة وكيفيــة تنظيمهــا لا تعكسان بالضــرورة - أو حتــى عامة - مستوى تعقيد الكائن الــذي يحتوي عليها. لدينا 46 مــن الكروموسومات، ولكن بعضــ الأشنيات لديها أكثر من ســت مئة. إن السمك الرّئــوي، الأقل تطوراً من بين كل الحيوانات المعقــدة، يمتلك من الـ (DNA) أكثر بأربعين مرة منا. وحتى سمندل الماء الشائع هو أغنى وراثياً منا بخمس مرات.

إن ما يهم ليس هو عدد الجينات التي تملكها، أو ما تفعله بها. وهذا شيء جيد جــداً؛ لأن عــدد الجينات في البشــر تلقى ضربة كبيرة حديثــاً. فحتى وقت متأخر كان يُعتقــد أن البشر لديهم مئة ألــف جينة على الأقل، أو أكثر، لكن نتائج مشروع الجينــوم البشري خفّضتْ العــدد بشكل كبير، واقترحت عدداً هــو 35 ألف أو 40 ألف جينة، وهو العدد نفسه تقريباً الذي يوجد في العشب. كان مفاجأة وخيبة أمل.

لــن يفوت انتباهــك أن الجينات متضمنــة بشكل شائــع في أي عدد من حالات الضعــف البشري. فقد صرّح العلماء المبتهجون في أوقــات مختلفة بأنهم اكتشفوا الجينات المسؤولة عن السمنة، والشزفرينيا، والشذوذ الجنسي والجريمة والعنف

والإدمـان على الكحول، وحتى سرقة المعروضـات والتشرّد. وربما كانت ذروة هذا الإيمـان في الحتمية البيولوجية دراسة نُشرت في مجلة ساينس في عام 1980 التي قالـت: إن النساء هن جينياً أضعـف في الحساب. وفي الحقيقة نحن لا نعرف الآن أي شيء عنك هو بهذه البساطة.

هذا مثير للأسف بمعنى ما، ذلك أنه لو كان لديك جينات فردية تحدد الطول أو الاستعداد الفطري للسكّري أو الصلع أو أي صفة أخرى مميّزة، فعندئذ سيكون مـن السهل نسبياً عزلها وإصلاحها. ولسوء الحـظ، إن 35 ألف جينة تعمل بشكل مستقل لا تكفي لإنتاج نوع التعقيد الجسدي الذي يصنع كائناً بشرياً راضياً. ومن ثـمّ، من الواضح أن الجينات يجب أن تتعاون. إن بعض الاضطرابات مثل النُّزاف ومرض باركنسون ومرض هنتنغتون واللِّيفة الكيسيّة هي ناجمة عن جينات وحيدة معطّلة، ولكن كقاعدة إن الجينات المعطلة تُستأصل عبر الاصطفاء الطبيعي قبل أن تصبـح مزعجة لنوع أو لسكان بوقت طويل. إن راحتنا ومصيرنا وحتى لون أعيننا لا تحددهمـا الجينات الفرديـة وإنما تعقيدات من الجينات التـي تعمل متحالفة. ولهـذا السبب من الصعب معرفة كيف تتلاءم كلها سوية ولماذا لا نستطيع أن ننتج أطفالاً في القريب العاجل.

والواقـع أن الأمـور تزداد تعقيـداً في السنوات الأخيرة كلمـا ازدادت معرفتنا. وتبـيّن أنه حتى التفكير يؤثر في كيفية عمـل الجينات. إن سرعة نمو لحية شخص ما، مثلاً، هي ناجمة جزئياً عن كونه يفكّر كثيراً بالجنس (لأن التفكير في الجنس يُنتج زيادة في الهرمونـات الذكرية). وفي أوائل التسعينيات قام العلماء باكتشاف أكثر عمقاً حين تمكنوا من استخراج جينات حيوية من فأرة جنينية، واكتشفوا أن الفئـران لا تولد بصحة جيـدة فحسب وإنما هي أنسب من أبنـاء نوعها الذين لم تتصـل معهم. وحين تم تدمير بعض الجينات المعيّنـة المهمّة، تبيّن أن أخرى كانت تخطـو لملء الفراغ. كانت هذه أنباء ممتازة لنـا كمتعضيات، ولكنها ليست جيدة، هكـذا لفهمنا لكيفية عمل الخلايا، بما أنها أدخلت طبقة إضافية من التعقيد إلى شيء ما بالكاد بدأنا نفهمه على أي حال.

وبسبب هذه العوامل المعقدة نُظر إلى تفكيك الخلية البشرية كبداية فحسب. إن الجينوم، كما عبّر إريك لندر من معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا، هو كقائمة أجزاء للجسد البشري: يخبرنا مما نحن مصنوعون، ولكن لا يقول أي شيء عن كيفية العمل. ما نحن بحاجة إليه الآن هو الكتيب العملياتي: توجيهات عن: كيف نجعل الأمور تتم. لسنا قريبين من هذه النقطة بعد.

وهكذا، فإن البحث يتركز الآن على تفكيك البروتيوم proteome البشري، وهذا مفهوم حديث، بحيث إنّ مصطلح البروتيوم لم يوجد قبل عقد. إن البروتيوم هو مكتبة المعلومات التي تنشئ البروتينات. «ولسوء الحظ»، قالت مجلة ساينتيفيك أمريكان في ربيع 2002: «إن البروتيوم أكثر تعقيداً من الجينوم بكثير».

هذا هو التعبير اللطيف عن الموضوع. إن البروتينات - كما تتذكرون - هي أحصنة عمل الأنظمة الحية جميعها؛ بما أن مئات الملايين منها يمكن أن تكون مشغولة في أي خلية في أي لحظة. إن محاولة فهمه تتطلب نشاطاً كبيراً. والأسوأ هو أن سلوكيات ووظائف البروتينات لا تستند فقط على كيميائها، كما هو الأمر مع الجينات، وإنما أيضاً على أشكالها. وكي يعمل البروتين ينبغي ألا يحصل فقط على المكوّنات الكيميائية الضرورية، وأن تُجمع بشكل ملائم، ولكنها يجب أيضاً أن تُطوى في شكل محدد جداً. «إن الطوي هو المصطلح المستخدم ولكنه مضلّل بما أنه يوحي بترتيب هندسي لا ينطبق على الأمر في الحقيقة. إن البروتينات تتدوّر وتلتفّ وتتغضّن في أشكال هي مسرفة ومعقّدة في آن واحد. إنها تشبه مشاجب معاطف مشوّهة أكثر مما تشبه مناشف مطوية.



الباب السادس

الطريق إلينا

الفصل السادس والعشرون

الزمن الجليدي

رأيت حلماً، لم يكن كله حلماً

انطفأت الشمس المشعة، وتجولت

النجوم...

بايرون، «الظلمة»

في عام 1815، وفي جزيرة سومباوا في إندونيسيا انفجر جبل كان جميلاً وهادئاً لوقت طويل يدعى تامبورا بشكل هائل، وقتل مئة ألف شخص هو والتسونامي المترافق معه. لم يسبق أن رأى أحد عنفاً كهذا. كان انفجار تامبورا أكبر من أي شيء سبق أن جربه أي إنسان حي. كان أكبر انفجار بركاني طيلة عشرة آلاف عام. كان أكبر بمئة وخمسين مرة من جبل سينت هيلينز، ومعادلاً لستين ألف قنبلة نووية من وزن التي استُخدمت في هيروشيما.

لم تنتقل الأنباء بسرعة في تلك الأيام. وفي لندن نشرت التايمز قصة قصيرة وفي الحقيقة رسالة من تاجر بعد سبعة أشهر من الحدث. وفي ذلك الوقت كانت تأثيرات تامبورا قد شُعر بها سابقاً. انتشر مئتان وأربعون كيلومتراً مكعباً من الرماد المدخن والغبار والرمل الناعم في الجو حاجباً أشعة الشمس ومبرّداً الأرض. كانت الغروبات ملونة بشكل غير معتاد ولكنها غير واضحة، وهذا تأثير التقطه الفنان ج.م.دبليو. تيرنر، الذي ما كان من الممكن أن يكون أسعد من ذلك، ولكن العالم عاش تحت حجاب غسقي مزعج. كانت هذه العتمة المهلكة هي التي ألهمت بايرون كي يكتب تلك الأبيات المقتبسة أعلاه.

لم يأتِ الربيع أبداً ولم يأتِ الصيف بالدفء: 1816 صار يُعرف بالعام الذي دون صيف. لم تنمُ المحاصيل في كل مكان. وفي أيرلندة ترافقت المجاعة مع مرض

التيفوئيد الذي قتل خمسة وستين ألف شخص. وفي نيو إنجلاند، صار يُعرف العام بشكل مشهور 1800 والتجمد حتى الموت. وتواصل الصقيع الصباحي حتى حزيران ولم تنمُ تقريباً أي بذرة مزروعة. وبسبب نقص العلف نفقت الحيوانات أو كان يجب أن تُذبح قبل الأوان. كان عاماً مقيتاً في كل شيء، ومن المؤكد أنه كان أسوأ عام للمزارعين في الأزمنة الحديثة. ومع ذلك لم تنخفض الحرارة في العالم أقل من 1 درجة مئوية. إن منظّم حرارة الأرض - كما يعرف العلماء - أداة حساسة بشكل مفرط.

كان القرن التاسع عشر بارداً. ذلك أن أوروبة وأمريكة الشمالية كانتا تمران طيلة مئتي عام في عصر جليدي قصير، كما صار يُعرف، مما سمح بحوادث الشتاء جميعها كعروض الجليد على نهر التايمز، وسباقات التزحلق على طول القنوات الهولندية التي هي مستحيلة الآن تقريباً. بتعبير آخر، كانت مدة لم يستوعب برودتها البشر. وهكذا ربما يمكننا أن نعذر علماء الجيولوجيا في القرن التاسع عشر لكونهم بطيئين في إدراك أن العالم الذي عاشوا فيه، كان في الحقيقة معتدلاً بالمقارنة مع الحقب السابقة، وأن كثيراً من الأرض التي حولهم صاغتها كتل الجليد الضخمة الساحقة البرد الذي يستطيع أن يدمر حتى العروض الجليدية.

كانوا يعرفون أن هناك شيئاً غريباً حيال الماضي. كان المشهد الأوروبي منقطاً بشذوذات غير قابلة للشرح كعظام الرنة القطبية، التي عُثر عليها في الجنوب الفرنسي الدافئ، والصخور الضخمة المعلّقة في أماكن غير مرجّحة، وكانوا دائماً يأتون بشروح مبتكرة، ولكن غير قابلة للتصديق على نحو كبير. وكان هناك عالم طبيعة فرنسي يدعى دي لوك، حاول أن يشرح كيف أن جلاميد الغرانيت استقرت عالياً على الجوانب الكلسية لجبال جورا، مقترحاً أن الهواء المضغوط في الكهوف أطلقها إلى هناك، مثل فلينات من بندقية هواء. إن المصطلح الذي يُستخدم لجلمود نازح هو ضالّ، ولكن في القرن التاسع عشر كان التعبير يبدو كأنه ينطبق على النظريات أكثر مما ينطبق على الصخور.

اقـترح عالم الجيولوجيا البريطاني العظيم آرثر هالام أنه لو أن جيمـس هتون - أبـو الجيولوجيـا في القرن الثامن عشـر - زار سويسرة لرأى علـى الفور أهمية الأوديـة المنحوتة، والتثلّمـات المصقولة، والخطوط الشاطئيـة المعبّرة حيث رميت الصخـور، والمفاتيـح الأخرى كثـيرة التي تشير إلى مـرور كساء جليـدي. ولسوء الحـظ، لم يكن هتون مولعاً بالأسفار. ولكـن بالرغم من أنه لم يكن تحت تصرفه شـيء أفضـل من قصص مستعملة، رفضـ هتون حالاً فكـرة أن الطوفانات نقلت الجلاميـد الضخمـة إلى ارتفاع ألف متر علـى جانبي الجبال، وأشـار إلى أن كل مياه العالم لن تجعل جلموداً يطفو وكان أول من قال بالتحاتّ الجليدي(*) الواسع الانتشار. ولسوء الحظ لم ينتبه أحد إلى أفكاره، وواصل معظم علماء الطبيعة مدة نصـف قرن آخر إصرارهم على أن الأخاديد، التـي على الصخور يمكن أن تُعزى إلى مرور العربات، أو خدش أحذية يوجد مسامير في نعالها.

أمـا الفلاحون المحليـون - الذين لم تلوثهم الأرثوذكسيـة العلمية - فقد كانوا يعرفون بشكل أفضل. روى عالم الطبيعة جان دي شاربنتييه Jean de Charpentier قصة كيف كان يسير في عام 1834 في ممرّ ريفي ضيّق مع حطّاب سويسري، حين بـدأا الحديث عن الصخور التي إلى جانب الطريـق. أخبره الحطاب في الحقيقة أن الجلاميـد أتت من جريمسيل، وهي منطقة غرانيتية تبعد قليلاً. «وحين سألته كيـف يظـن أن هـذه الصخور وصلت إلـى موقعها، أجـاب دون تـردد: إن مجلدة جريمسيل نقلتها إلى جانبي الوادي؛ لأن تلك المجلدة امتدت في الماضي بعيداً حتى مدينة برن».

كان شاربنتييه مسروراً؛ لأنه وصل بنفسه إلى وجهة نظر كهذه؛ ولكن حين أثار الفكـرة في الاجتماعات العلمية، رُفضت. وكان من أقرب أصدقاء شاربنتييه عالم طبيعـة سويسري آخر يدعى لويس آجاسيز Louis Agassiz، الذي صار بعد قليل من الارتياب مناصراً للنظرية بشكل ملائم في النهاية.

(*) تغيّر سطح الأرض من طريق التحاتّ الجليدي والترسّب بفعل المجلدات. المترجم.

درس أجاسيز على يد كوفييه Cuvier في باريس، ثم شغل منصب أستاذ التاريخ الطبيعي في كلية نيوشاتيل في سويسرة. وكان من أصدقاء أجاسيز الآخرين عالم النبات كارل شيمبر Karl Schimper الذي كان في الحقيقة أول من نحت مصطلح «العصر الجليدي» (وهو بالألمانية Eiszeit) في عام 1837، وأول من اقترح أن هناك أدلة كافية لإظهار أن الجليد تراكم مرة بشكل سميك ليس فوق جبال الألب السويسرية فحسب وإنما أيضاً فوق أوروبة وآسية وأمريكة الشمالية. كانت تلك نظرية راديكالية. أعار أجاسيز ملاحظاته، ثم ندم على ذلك كثيراً؛ لأن أجاسيز هو الذي حصل على الجدارة لما شعر به شيمبر، وكان نظريته بشكل شرعي. وصار شاربنتييه في النهاية عدواً لدوداً بشكل مشابه لصديقه القديم. إن ألكسندر فون همبولت، الذي كان صديقاً آخر، ربما كان يفكر بأجاسيز حين قال: إن هناك ثلاث مراحل في الاكتشاف العلمي: أولاً، ينكر الناس أنه صحيح؛ ثم ينكرون أنه مهم؛ ثم في النهاية يكرّمون الأشخاص الخطأ.

على أي حال، جعل أجاسيز الميدان ميدانه. ففي بحثه لفهم دينامية التحاتّ الجليدي ذهب إلى الأمكنة جميعها. هبط عميقاً في الصدوع الخطرة وتسلق إلى قمم الألب الأكثر وعورة، وفي غالب الأحيان غير مدرك على ما يبدو أنه كان هو وفريقه أول من تسلّقها. وتقريباً في الأمكنة جميعها صادف أجاسيز تردداً لا يستسلم في قبول نظرياته. وحثه همبولت على أن يعود إلى مجال خبرته الحقيقي، وهو أحافير الأسماك، ويتخلى عن هوسه الجنوني بالجليد، ولكن أجاسيز كان رجلاً استحوذت عليه الفكرة.

عثرت نظرية أجاسيز على دعم أقل في بريطانية، حيث لم يرَ معظم علماء الطبيعة مجلدة أبداً، ولم يستطيعوا في غالب الأحيان أن يفهموا القوى الساحقة التي يمارسها الجليد المتكتّل. «أيمكن أن تكون الخدوش واللمعان ناجمة عن الجليد فحسب؟» سأل رودريك مرتشسون بنبرة ساخرة في أحد الاجتماعات،

علـى ما يبدو متخيلاً الصخور مغطاة بنوع من الجليد الخفيف والزجاجي. وحتى مماتـه شكك بكل صراحـة في علماء الجليد «المهووسين بالجليـد» الذين اعتقدوا أن المجلدات تفسّر كثيراً. ناصر وجهة النظر هذه وليم هوبكنز، الذي كان أستاذاً في كمبريـدج وعضواً بارزاً في الجمعية الجيولوجيّة، وقال: إن النظرية القائلة: إن الجليـد يمكن أن ينقل الجلاميد تعكس «سخافات ميكانيكة واضحة»، مما يجعلها غير مستحقة لانتباه الجمعية.

سافر أجاسيز غير هيّابٍ وبلا كلل؛ كي يدافع عن نظريته. وفي 1840 قرأ بحثاً في اجتمـاع للجمعيــة البريطانية لتقـدم العلم في جلاسكو، انتقـده في أثنائه علناً العظيـم تشارلز ليـل. وفي العام اللاحق أصدرت الجمعيــة الجيولوجية في أدنبرة قـراراً يسلّم بأنـه يمكن أن تكون النظريــة صحيحة، ولكن بالتأكيـد لا شيء فيها ينطبق على أسكتلندة.

استيقـظ ليل في النهاية. وجاءت لحظة التجلي لديـه حين أدرك أن المورين(*) أو خـط الصخور قـرب عزبة أسرته في أسكتلندة - الذي عـبره مئات المرات - لا يمكـن فهمه إلا إذا قبل المرء أن مجلدة رمته هنـاك. بعد أن ارتد فقد ليل أعصابه وتراجـع عن الدعم الشعبي لفكرة عصر الجليد. كان هذا وقتاً محبطاً لأجاسيز. كان زواجـه يتحطّم، وكان شيمبر يتهمه بسرقة أفكاره وشاربنتييه لا يتحدث معه، ولم يقدم لأعظم عالم جيولوجيا على قيد الحياة سوى الدعم الفاتر والمتذبذب.

وفي 1846 سافـر أجاسيز إلـى أمريكة لإلقاء سلسلة مـن المحاضرات وهناك أخـيراً عثر على التقدير الذي تاق إليه. منحته هارفارد الأستاذية وبنت له متحفاً مـن الدرجـة الأولـى، متحف علم الحيـوان المقـارن. ساعده دون شـك هذا على الاستقـرار في نيوإنجلاند، حيث شجّعت الشتـاءات الطويلة على تعاطف معيّن مع فكرة مدد متواصلة من البرد. وساعد أيضاً أنه بعد ستة أعوام على وصوله أفادت الرحلـة العلمية الأولى إلى غرينلندة أن كل شبه القارة تلك كانت مغطاة بالجليد،

(*) ركام تراب وحجارة جرفه نهر جليدي، ثم رسّبه. المترجم.

مثل تلك القديمة التي تخيّلها أجاسيز في نظريته. أخيراً، بدأت أفكاره تحظى بالدعم. كان النقص المحوري الوحيد في نظرية أجاسيز هو أن العصور الجليدية لا علل لها. ولكن المساعدة كانت على وشك القدوم من مكان غير مرجّح.

ففي ستينيات القرن التاسع عشر بدأت المجلات والمنشورات العلمية الأخرى في بريطانية تتلقى دراسات عن: علم توازن الموائع والكهرباء وموضوعات علمية أخرى من جيمس كرول في جامعة أندرسون في جلاسكو. جاء أحد الأبحاث، الذي يتحدث عن: كيف أن التنوّعات في مدار الأرض يمكن أن تكون قد ولّدت العصور الجليدية، نُشر في المجلة الفلسفية (فيلوسوفيكال ماجازين) في 1864 واعتُرف به في الحال عمل من الطراز الأول. وهكذا كان هناك بعض المفاجأة، وربما فقط لمسة استياء، حين تبيّن أن كرول لم يكن أكاديمياً في الجامعة، وإنما ناطور.

ولد كرول في عام 1821 وترعرع فقيراً ولم يتعلّم في المدرسة حتى سن الثالثة عشرة. عمل في وظائف متنوّعة نجاراً وبائع تأمينات وقيّم فندق قبل أن يعمل ناطوراً في أندرسونز (التي هي الآن جامعة ستراثكلايد) في جلاسكو. وعبر إقناع أخيه بالقيام بعمله كله كان قادراً على تمضية أمسيات كثيرة في مكتبة الجامعة، يعلّم نفسه الفيزياء والميكانيك وعلم الفلك وعلم توازن الموائع وعلوماً أخرى سائدة في زمنه، وبدأ تدريجياً يؤلف سلسلة من الدراسات مركّزاً بشكل خاص على حركات الأرض وتأثيرها على المناخ.

كان كرول أول من اقترح أن التغيّرات الدورية في شكل مدار الأرض - من الإهليلجيّ بشكل ضئيل إلى دائري تقريباً ثم ثانية إلى إهليلجيّ - يمكن أن تشرح بداية العصور الجليدية وانحسارها. لم يفكّر أحد من قبل في أن يلجأ إلى شرح فلكيّ للتنوّعات في مناخ الأرض. وبفضل نظرية كرول المقنعة بدأ الناس في بريطانية الاستجابة أكثر إلى فكرة أنه في وقت سابق ما، كانت أجزاء من الأرض في قبضة الجليد. وحين تم التعرّف على إبداع وذكاء كرول مُنح وظيفة في هيئة المسح الجيولوجي الأسكتلندي وكُرّم على نطاق واسع: صار عضواً في الجمعية

الملكيــة في لنــدن وفي أكاديميــة نيويورك للعلــم، ومُنح دكتوراه فخريــة من جامعة سينت أندروز، بين أمور أخرى كثيرة.

ولسوء الحظ، تماماً وفيما كانت نظرية أجاسيز تعثر على مناصرين في أوروبة، كان منشغــلاً في أخذها إلى مناطق أكثر غرابة في أمريكة. بدأ يعثر على أدلة على المجاليــد في كل مكان ذهب إليــه، بما فيه قرب خط الاستواء. وصار أخيراً مقتنعاً بأن الجليد غطى مرة وجه الأرض كلها، قاضياً على الحياة، التي أعاد الله خلقها آنــذاك. لم يدعم أي من الأدلة التي أوردهــا أجاسيز وجهة النظر هذه. مع ذلك، بــدأت سمعته تزدهر في البلاد التي تبنته إلى درجــة التأليه. وحين وافته المنيّة في عــام 1873 شعــرت جامعة هارفارد أنه من الضروري أن تعــيّن ثلاثة أساتذة؛ كي يشغلوا مكانه.

وكما يحدث أحياناً، فقدت نظرياته جدّتها بسرعة. وقبل أقل من عقد بعد وفاته كتــب خلفه على كرسي الجيولوجيا في هارفارد «أن ما يدعى بالحقبة الجليدية... التــي كانت مشهورة جداً منذ بضع سنوات بين علماء الجيولوجيا المهتمين بالجليد يمكن، رفضها الآن دون تردد».

كان جــزءاً من المشكلة هو أن حسابات كــرول أوحت بأن أحدث عصر جليدي حصــل منذ ثمانين ألــف عام، بينما يشير الدليل الجيولوجي بشكل متزايد إلى أن الأرض عانت من اضطراب عنيف في وقت أحدث من هذا بكثير. ودون شرح مقنع لمــا يمكــن أن يكون قــد حرّض على عصر جليــدي، تم تعليق النظريــة. كان يمكن أن تبقــى معلقة لبعض الوقــت لولا أكاديميٌّ صربيٌّ يدعــى ميلوتين ميلانكوفيتش، الــذي لا يملك خلفية علمية عــن حركات الأجرام السماويــة مطلقاً، كان مهندس ميكانيــك مدرّبــاً، وفي أوائل التسعينيات طوّر اهتماماً غــير متوقّع بالمسألة. أدرك ميلانكوفيتــش أن المشكلــة في نظرية كرول ليست في أنها غــير صحيحة، وإنما في أنها في غاية البساطة.

عندمــا تتحــرك الأرض عبر الفضــاء، فهي لا تكون خاضعــة لتنوّعات في طول وشــكل مدارهــا فحسب، وإنمــا أيضاً إلى تبــدّلات إيقاعية في زاويــة توجّهها نحو

الشمس سرعتها، ودرجة ميلانها، وتذبذبها وكل هذا يؤثر في استمرارية وكثافة ضوء الشمس الساقط على أي بقعة من الأرض. إنها خاضعة بشكل خاص لثلاثة تغيّرات في الموقع هي ميلها، مبادرة الاعتدالين(*)، والشذوذ (اللاتمركز)(**)، لمدد طويلة من الوقت. تساءل ميلانكوفيتش إن كان يمكن أن توجد علاقة بين هذه الدورات المعقدة ومجيء وذهاب العصور الجليدية؟ كانت الصعوبة هي أن الدورات تختلف كثيراً في مدتها عشرين ألف، وأربعين ألف ومئة ألف عام على التعاقب، ولكنها تتنوع في كل حالة إلى بضعة آلاف سنة مما عنى أن تحديد نقاط تقاطعها في مدد طويلة من الوقت، تضمنت تقريباً كمية لانهائية من الحساب المخلص بشكل كبير. كان على ميلانكوفيتش أن يستنتج زاوية ومدة الإشعاع الشمسي الداخل في كل منطقة من الأرض، وفي كل فصل، مدة مليون عام، معدلة بثلاثة متغايرات متبدلة بشكل دائم.

ومن حسن الحظ أن هذا كان بالضبط نوع الكدح المتكرر الذي ناسب مزاج ميلانكوفيتش. ففي الأعوام العشرين اللاحقة، وحتى في أثناء العطلة، عمل بلا توقّف بقلم الرصاص والمسطرة الحاسبة حاسباً جداول دوراته، وهذا عمل يمكن أن يتم الآن في يوم أو يومين بالكمبيوتر. كان يجب أن تتم الحسابات كلها في وقت فراغه، ولكن في عام 1914 حصل ميلانكوفيتش فجأة على كمية كبيرة من وقت الفراغ حين نشبت الحرب العالمية الأولى، وتم اعتقاله بسبب منصبه بوصفه احتياطياً في الجيش الصربي. أمضى معظم الأعوام الأربعة اللاحقة في إقامة جبرية مرنة في بودبست، وكان مطلوباً منه أن يبلغ الشرطة مرة في الأسبوع. أمضى بقية وقته يعمل في مكتبة أكاديمية العلوم الهنغارية. ربما كان أسعد سجين حرب في التاريخ.

كانت النتيجة النهائية لخربشاته المجهدة كتاباً صدر عام 1930 بعنوان «علم المناخ الرياضي والنظرية الفلكية للتغيّر المناخي». وكان ميلانكوفيتش صائباً

(*) تغيّر بطيء في اتجاه محور دوران الأرض يفضي إلى تحرّك الاعتدالين على نحو جدّ بطيء نحو الغرب. المترجم.

(**) بعد المركز الهندسي لجسم دائر عن محور الدوران. المترجم.

بأنــه كان هناك علاقة بين العصور الجليديــة والتذبذب الكوكبي، بالرغم من أنه افترض مثل معظم النـاس أن الازدياد المتدرج في فصول الشتاء القاسية، هو الذي قـاد إلى تلك المـدد الطويلة من الـبرودة. كان عالم الأرصاد الجويــة الألماني من أصـل روسي، فلاديمير كوبـن Wladimir Koppen حما صديقنا التكتوني ألفرد فيجيــنر Alfred Wegener هو الـذي رأى أن العملية كانت أكثر دقة، وأكثر إثارة للأعصاب، من ذلك.

قـرر كوبـن أن سبب العصور الجليديــة يُعثر عليه في فصـول الصيف الباردة وليسـ في فصول الشتــاء القاسية. إذا كانت فصول الصيف بــاردة جداً بحيث لا تؤدي إلى ذوبان الثلوج كلها في منطقة معيّنة، فإن المزيد من أشعة الشمس القادمة يرتد من السطح الانعكاسي، مفاقماً التأثير المبرِّد ومشجّعاً على سقوط المزيد من الثلوج. نتيجة لهذا تميل العصور الجليدية إلى أن تكون مديمة لذاتها. حين يتراكم الثلــج في غطاء جليدي فإن بــرودة المنطقة تزداد، مما يؤدي إلى تراكم المزيد من الجليــد. وكما قال عالم الجيولوجيا جوين شولتــز Gwen Schultz: «ليست كمية الثلــج هي التي تسبب بالضرورة أغطيــة الجليد وإنما حقيقة أن الثلج – مهما كان قليــلاً – يستمــر». واعتُقــد أن العصر الجليدي يمكن أن يبــدأ من صيف واحد في غــير موعده. فبقايا الثلوج تعكس الحرارة وتفاقم مــن تأثير البرودة. «إن العملية ذاتيــة التضخّم، لا تتوقّف، وبما أن الجليد يتنامى فهــو يتحرك»، كما يقول مكفي McPhee. يكون لديك مجاليد متقدمة وعصر جليدي.

لم يكــن العلمــاء قادريــن في الخمسينيات، وبسبــب نقصــ تكنولوجيا تحديد التواريــخ، على ربــط دورات ميلانكوفيتش المحسوبة بدقة مــع التواريخ المفترضة للعصــور الجليدية كما أدركت آنذاك، وهكذا أغفــل ميلانكوفيتش هو وحساباته. تــوفي عام 1958، غير قادر على إثبات أن دوراته كانت صحيحة. وفي ذلك الوقت، وكمــا عــبّر أحد مؤرّخــي تلك المــدة: «ستعــاني من صعوبــة كبــيرة في رؤية عالم جيولوجيــا، أو أرصــاد جوية ينظر إلــى النموذج إلا من باب الفضــول التاريخي».

وظـل الأمر هكذا إلى السبعينيات وصُقل منهـج التأريخ بالبوتاسيوم الأرغون(*)، وذلك لتقدير عمر رسابة قاع البحر القديمة إلى أن أُثبتت نظرياته.

لا تكفـي دورات ميلانكوفيتش وحدها لشـرح دورات العصور الجليدية. هناك عوامـل أخـرى كثيرة متضمّنة ومنهـا ترتيب القارات، خصوصـاً وجود كتل أرض فـوق القطبين. ولكن حيثيـات هذه لم تُفهم جيـداً. واقتُرح أننـا إذا نقلنا أمريكة الشماليـة وأوراسية وغرينلندة فقـط 500 كيلومتر إلى الشمـال، فإننا سنحصل علـى عصـور جليدية دائمة لا يمكـن النجاة منها. لكننا محظوظـون جداً على ما يبـدو في الحصول على أي طقس جيد. والذي لم يُفهم بشكل جيد أيضاً هو دورات الدفء النسبية في أثناء العصور الجليدية التي تدعى البيجليدية. وإنه لمن الباعث علـى الاضطراب قليلاً التفكير في أن التاريخ البشري الهادف ككل تطوّر الزراعة، إنشـاء المدن، و نشـوء الرياضيات والكتابـة والعلم وكل ما تبقـى حدث في فسحة شاذة من الطقس المعتدل. فقد استمرت الأوقات البيجليدية السابقة ثمانية آلاف عام. وقد عبرت مدتنا سابقاً ذكراها السنوية العشرة آلاف.

والواقـع أننا لا نزال في عصر جليدي؛ لكنـه مقلّص نوعاً ما، بالرغم من أنه أقل تقلّصـاً ممـا يعرف كثير من الناس. ففـي أوج المدة الأخيرة مـن التّحات الجليدي، منـذ نحـو عشرين ألف عـام، كان نحو 30% من سطح الأرض مغمـوراً بالجليد. ولا يزال 10% مغموراً. (و14% هو في حالة من الجمد السّرمدي(**)). إن ثلاثة أرباع الميـاه العذبة في الأرض هـي معتقلة في الجليد حتى الآن، ولدينا أنهار جليدية في كلا القطبـين، وهذا موقف يمكن أن يكون فريداً في تاريخ الأرض. إن وجود فصول شتاء ثلجية في كثير من أنحاء العالم ومجلدات مستمرة حتى في الأماكن المعتدلة كنيوزلندة يمكن أن يبدو طبيعياً تماماً، ولكن في الحقيقة إنه موقف غير عادي للكوكب.

(*) طريقـة في تقديـر عمر المواد الآثارية والجيولوجية عن طريق قياس كمية الأرغون المتراكمة في عيّنة منها نتيجة لتحلّل البوتاسيوم المشعّ. المترجم.

(**) طبقـة متجلدة باستمرار على عمق متفاوت تحـت سطح الأرض في المناطق القطبية المتجمدة. المترجم.

إن نمـوذج الأرضـ العام في معظم تاريخـه حتى الأزمنة الحديثـة تقريباً هو أن يكـون حارّاً، دون جليد دائـم في أي مكان. بدأ العصر الجليدي الحالي الحقبة الجليدية، في الواقع منذ نحو أربعين مليون عام، وتسلسل من سيئ بشكل إجرامي إلـى غـير سيئ مطلقـاً. إننا نعيشـ في الأوقات القليلـة للعصر الأخـير. ذلك أن العصـور الجليدية تميل إلى محـو الأدلة السابقة على العصـور الجليدية، وهكذا فكلمـا عدت إلى الـوراء صارت الصـورة غامضة، ولكن يبدو أنـه كان لدينا على الأقل سبـع عشرة حادثة جليدية خطرة في الأعوام المليونين ونصف السابقة أو ما يقارب ذلك، وهي المدة التـي تتزامن مع ظهور الإنسان المنتصب homo erectus في إفريقية الذي تبعه البشر الحديثون. هناك متّهمان يذكران بشكل شائع بأنهما مسـؤولان عن الحقبة الحديثة هما نشوء جبال الهمالايا وتشكّل جبال إزثموس في بنما، عطّل الأول هبوب الهواء وشتت الثاني تيارات المحيط. إن الهند - التي كانت مرة جزيرة - اندفعت 2000 كيلومتر إلى كتلة الأرض الآسيوية في الأعوام الخمسة وأربعـين مليون الأخـيرة، رافعةً لا الهملايا فحسب، وإنمـا المرتفع التيبتي خلفها. وتقول الفرضية: إن الأرض المرتفعة لم تكن أكثر برودة فحسب وإنما حرفت الريح بطريقة جعلتها تهبّ شمالاً نحو أمريكة الشمالية، مما جعلها أكثر ميلاً إلى طقس بـارد أكـثر طولاً. ثم - منـذ خمسة ملايين عام - خرجت بنما مـن البحر، مغلقة الفجـوة بين أمريكة الشمالية وأمريكـة الجنوبية، مقاطعة تدفق تيارات دافئة بين المحيط الهادي والمحيط الأطلسي، ومغيّرة نماذج تساقط الأمطار في نصف العالم تقريبـاً. كانت إحدى النتائج هي جفاف إفريقية، مما جعل القردة تهجر الأشجار وتنطلق للبحث عن طريقة حياة جديدة في الأراضي المعشوشبة.

علـى أيٍ حال - بهـذا الترتيب الحالي للمحيطات والقارات - يبدو كأن الجليد سيكـون جزءاً طويل الأمد من مستقبلنا. فبحسب جون مكفي، إنه يمكن توقع نحو خمســين حادثة جليدية، وكل منها يستمر مئة ألف عـام، قبل أن نستطيع أن نأمل ذوباناً طويلاً.

لم يكـن للأرض عصور جليديـة منتظمة منذ خمسين مليـون عام، ولكن حين حصلنا عليها مالت إلى أن تكون عملاقة. حصل تجمّد شامل منذ 2.2 بليون سنة، تبعه بليون عام من الدفء. ثم جاء عصر جليدي آخر أكبر من الأول، كبير بحيث إنّ بعض العلمـاء يشيرون الآن إلى المدة التي حصل فيهـا باسم العصر الجليدي الأعظم. ويعرف الوضع بشكل أكثر شهرة باسم الأرض كرة ثلج.

إن كلمـة كرة ثلجية لا تكاد تعـبّر عن تلك الأوضاع الإجرامية. وتقول النظرية: إنـه بسبـب تراجع الإشعـاع الشمسي نحـو 6% وانحـدار إنتاج غـاز المخضرة أو (الاحتفـاظ بالحرارة) فقـدت الأرض قدرتها علـى التمسـك بحرارتها. صارت كلهـا أنتاركتيـكا. وانخفضت درجـات الحرارة إلى 45 درجـة مئوية تحت الصفر وصار وجه الأرض كله جليداً مرصوصاً، وصارت سماكة جليد المحيط 800 متر في الارتفاعات الأعلى، وبسماكة عشرة أمتار حتى في المناطق الاستوائية.

هنـاك مشكلة خطرة في كل هذا، بحيث إنّ الدليل الجيولوجي يشير إلى وجود الجليـد في الأمكنة جميعها بما فيـه حول خط الاستواء، و يوحي الدليل البيولوجي بشكل قوي أيضاً أنه يجب أن يكون هناك مياه مفتوحة في مكان ما. ذلك أن بكتيريا السيانـو نجـت من التجربة وتقـوم بعملية التخليق الضوئي. ومـن أجل هذا كانت بحاجـة إلى ضوء الشمس، ولكـن كما ستعرفون لو حدث وقمتـم بالتحديق عبره، إن الجليـد يصبح بسرعة عاتماً وبعد بضع يـاردات لا يسمح بعبور الضوء مطلقاً. اقـتُرح احتمالان: الأول هـو أن قليلاً من ماء المحيط بقي معرضاً (ربما بسبب نوع مـا من التدفئـة المحلية في بقعة حارة)؛ والاحتمال الآخر هـو أنه يمكن أن الجليد تشكل بطريقة بقي فيها شفّافاً، وهذا وضع يحدث أحياناً في الطبيعة.

إذا تجمّـدت الأرض، تواجهنا المسألة الصعبة جداً وهـي كيف أصبحت دافئة مرة أخرى. إن كوكباً جليدياً يجب أن يعكس كثيراً من الحرارة بحيث يبقى متجمّداً إلـى الأبد. وعلـى ما يبدو من المحتمل أن الإنقاذ أتى مـن باطن الأرض المنصهر. مرة أخرى يمكن أن نكون مدينين للألواح التكتونية بالسماح لنا بأن نكون هنا. إن

الفكرة هي أن البراكين قد أنقذتنا، عن طريق دفعها عبر السطح المدفون، ضاخة إلى الخارج كثيراً من الحرارة والغازات التي ذوّبت الثلج وأعادت تشكيل الجو. ومن المثير أن نهاية هذه الحادثة ذات التجميد المفرط حدّدها الانفجار الكمبري: حدثُ ربيعٍ تاريخ الحياة. وفي الحقيقة، يمكن أن الأمر لم يكن هادئاً هكذا. ففيما كانت الأرض تسخن، ربما تعرضت لأسوأ طقس سبق أن مرّت فيه، وهبت فيها أعاصير قوية بما يكفي كي ترفع أمواجاً بعلوّ ناطحات سحاب، وتسبب عواصف مطرية بكثافة لا تُوصف.

وفي أثناء هذا كله عاشت ديدان أنبوبيّة وبطلينوسات وأشكال أخرى من الحياة في حفر قاع المحيط العميقة، وكأنه لم يكن هناك أي مشكلة دون شك، ولكن كل أشكال الحياة الأخرى على الأرض اقتربت جداً من الانقراض بشكل كامل. وكل هذا حدث منذ وقت طويل جداً وفي هذه المرحلة نحن لا نعرف فحسب.

إن العصور الجليدية للأوقات الأحدث تبدو من الوزن الخفيف إذا ما قورنت بالعصر الجليدي الأعظم، ولكنها كانت بالطبع ضخمة جداً بمعايير أي شيء يمكن أن يوجد على الأرض اليوم. كانت سماكة الغطاء الجليدي الوسكونسي الذي غطى كثيراً من أوروبة وأمريكة الشمالية، أكثر من 3 كيلومترات في بعض الأمكنة وتقدم إلى الأمام بسرعة نحو 120 متراً في السنة. يا له من منظر! حتى في حافتها البارزة، يمكن أن يكون سمك الأكسية الجليدية 800 متر. تخيّل نفسك تقف في قاعدة جدار من الجليد بهذا الارتفاع. خلف هذه الحافة، وفي منطقة تبلغ مساحتها ملايين الكيلومترات المربّعة، لن يكون هناك شيء سوى الجليد، وستنتأ بعض قمم الجبال الأكثر ارتفاعاً هناك وهناك. وهنت قارات بأكملها تحت ثقل هذا الكم من الجليد وحتى الآن - بعد اثني عشر ألف عام من انسحاب قطع الجليد - لا تزال ترتفع إلى مكانها. لم توزّع أكسية الجليد جلاميد الصخور فحسب والخطوط الطويلة من المورين الحصوي، وإنما رمت كتل أرض برمتها جزيرة لونغ وكيب كود ونانتكت، بين أخرى فيما كانت تندفع ببطء. ومن المثير

للعجب قليلاً أن علماء الجيولوجيا قبل أجاسيز واجهوا مشكلة في فهم قدرتها الضخمة على إعادة توزيع المشهد الطبيعي.

إذا تقدمت أكسية الجليد مرة أخرى، فلا نملك شيئاً في ترسانتنا لحرفها. ففي عام 1964، وفي برنس وليم ساوند في ألاسكا، ضرب أقوى زلزال سبق أن سُجّل في القارة الحقول الجليدية في شمال أمريكة. كان يبلغ 9.2 درجات على مقياس ريختر. وعلى طول خط الصدع، ارتفعت الأرض 6 أمتار. كان الزلزال عنيفاً بحيث إنّه جعل الماء يندفع من الأحواض في تكساس. ما التأثير الذي أحدثه هذا الانفجار الذي لا مثيل له على مجالد برنس وليم ساوند؟ لم يؤثر مطلقاً. امتصّته وواصلت الحركة.

اعتُقد لوقت طويل أننا ندخل العصور الجليدية ونخرج منها بالتدريج، طوال المئات أو الآلاف من السنين، ولكننا نعرف الآن أن الأمر لم يكن هكذا. وبفضل لب الجليد من غرينلندة صرنا نمتلك سجلاً مفصّلاً للمناخ لأكثر من مئة ألف عام، ولكن ما عُثر عليه هناك مزعج. تبيّن أن الأرض في معظم تاريخها الحديث لم تكن مكاناً مستقراً وهادئاً كالذي عرفته الحضارة، وإنما تنقّلت بعنف بين أوقات من الدفء والبرد المتوحّش.

وفي نهاية التحتات الجليدي الأخير الكبير، منذ اثني عشر ألف عام، بدأت الأرض تسخن، وتماماً بسرعة، ثم بشكل مفاجئ غاصت في برد مرير لألف عام في حدث يعرفه العلم باسم الدرياس الأصغر Younger Dryas (جاء الاسم من النبتة القطبية الدرياس dryas، التي كانت أول من أعاد استعمار الأرض بعد انسحاب أكسية الجليد. كان هناك أيضاً مدة الدرياس الأقدم Older Dryas، ولكنها لم تكن حادة هكذا). وفي نهاية هجمة الألف عام هذه عادت الحرارة العادية من جديد وقفزت أربع درجات مئوية في عشرين سنة، وهذا لا يبدو مثيراً بشكل كبير، ولكنه مكافئ لاستبدال مناخ الدول الإسكندنافية بالمتوسطية في عقدين فقط. أما على الصعيد المحلي، فقد كانت التغيّرات أكثر عنفاً. يُظهر لب

الجليد في غرينلندة أن درجات الحرارة هناك تتغير بقدر 8 درجات مئوية في 10 أعوام، مغيرة نمط سقوط الأمطار وظروف الزراعة بقوة. كان هذا مقلقاً جداً لكوكب عدد سكانه قليل. أما اليوم فإن العواقب ستكون خارج القدرة على التخيل.

ما يسبّب ذعراً أكبر هو أننا لا نمتلك فكرة أي فكرةٍ أي ظاهرةٍ طبيعية يمكن أن تثير المنظّم الحراري للأرض بسرعة. وكما قالت إليزابيث كولبيرت في مقال في النيويوركر: «لا يوجد قوة خارجية معروفة، أو أي قوة مفترضة تبدو قادرة على دفع هذه الحرارة إلى الخلف وإلى الأمام بالعنف الذي أظهره لب الجليد». وتضيف: «يبدو كأن هناك حلقة تغذية ارتجاعية شاسعة ومروعة»، ربما تشمل المحيطات وانقطاعات النماذج المألوفة من دورة المحيط، ولكن هذا بعيد عن الفهم.

وتقول إحدى النظريات: إن التدفق العنيف للمياه الذائبة إلى البحار في بداية الدرياس الأصغر Younger Dryas خفف من الملوحة (ومن ثمّ الكثافة) في البحار الشمالية مما سبب انحراف تيّار الخليج إلى الجنوب مثل سائق يحاول تجنب اصطدام. وحين حرمت المرتفعات الشمالية من دفء تيّار الخليج عادت إلى ظروف البرودة. ولكن هذا لا يبدأ بشرح لماذا بعد ألف عام، حين سخنت الأرض مرة أخرى، لم ينحرف تيّار الخليج كما في السابق. وبدلاً من ذلك، مُنحنا مدة من الهدوء غير العادي تُعرف باسم العصر الحديث الأعلى Holocene، الزمن الذي نعيش فيه.

ليس هناك سبب لافتراض أن هذه المدة من الاستقرار المناخي ستستمر إلى أطول. يعتقد بعض العلماء أن الأسوأ بانتظارنا. من الطبيعي أن نفترض أن الاحتباس الحراري يمكن أن يعمل كتوازن مضاد لميل الأرض إلى العودة إلى الأوضاع الجليدية. على أي حال - كما أشار كولبرت - حين يواجهك مناخ متذبذب لا يمكن التنبؤ به، «فإن الشيء الأخير الذي ستفعله هو أن تجري تجربة كبيرة دون إشراف عليها». اقتُرح - بدقة أكبر مما سيبدو في البداية - أن العصر الجليدي يمكن أن يغريه ارتفاع درجات الحرارة. والفكرة هي أن تسخيناً قليلاً

ضئيلاً يمكن أن يقوي التبخّرات والغطاء الغيمي، مما يقود في الارتفاعات العليا إلى تراكمات أكثر إلحاحاً من الثلج. وفي الحقيقة، إن ظاهرة الاحتباس الحراري يمكن بشكل معقول - ولو موهم بالتناقض - أن تقود إلى تبريد محلي في شمال أمريكة وشمال أوروبة.

إن المناخ هو نتاج متغايرات كثيرة ارتفاع وانخفاض مستوى ثاني أكسيد الكربون، انجراف القارات، والنشاط الشمسي، والتذبذبات المهيبة لدورات ميلانكوفيتش بحيث إنّه من الصعب فهم أحداث الماضي كما كانت كي نتنبأ بأحداث المستقبل. إن كثير خارج طاقتنا ببساطة. خذوا أنتاركتيكة. فلمدة 20 مليون سنة على الأقل بعد أن استقرت فوق القطب الجنوبي بقيت مغطاة بالنباتات ودون جليد. وهذا يجب ألا يكون ممكناً.

إن الأصناف المعروفة من بعض الديناصورات المتأخرة ليست أقل خداعاً. يقول عالم الجيولوجيا البريطاني ستيفن دروري Stephen Drury: إن الغابات التي على ارتفاع 10 درجات من القطب الشمالي كانت موطناً لوحوش كبيرة، بينها الديناصور الضخم اللاحم. وكتب: «هذا غريب، ذلك أن ارتفاعاً كهذا مظلم بشكل مستمر مدة ثلاثة أشهر في السنة». فضلاً عن ذلك، ثمة دليل الآن بأن هذه الارتفاعات العالية عانت من شتاءات حادّة. وتوحي دراسات نظائر الأوكسجين أن المناخ حول فيربانكس في ألاسكا كان نفسه في أواخر العصر الطباشيري كما هو الآن. إذاً ما الذي كان يفعله الديناصور اللاحم هناك؟ إما أنه كان يهاجر فصلياً قاطعاً مسافات شاسعة، أو يمضي معظم العام في الثلج المتراكم في الظلام. وفي أسترالية التي كانت في ذلك الوقت أكثر قطبية في توجّهها لم تكن العودة إلى مناخات أدفأ ممكنة. كيف استطاعت الديناصورات أن تحيا في أوضاع كهذه أمر لا يزال في إطار التخمين.

هناك فكرة يجب وضعها في الذهن، ألا وهي أنه كان هناك كثير من المياه بالنسبة لها في ذلك الوقت. البحيرات الكبرى، وخليج الهدسون، بحيرات كندة

التي لا تُحصى. ولكن هذه المياه لم تكن هناك كي تقدم الوقود للعصر الجليدي الأخير. لقد أنشأها.

من ناحية أخرى، إن الطور اللاحق من تاريخنا يمكن أن يشهد تذويبنا لكثير من الجليد بدلاً من صناعته. فإذا ذابت أكسية الجليد جميعها فسترتفع مستويات البحار 60 متراً بارتفاع بناء من 20 طابقاً، وستغرق المدن الساحلية جميعها. ومن المحتمل أكثر - على المدى القصير على الأقل - انهيار الكساء الجليدي الغربي في أنتاركتيكة. ففي الخمسين عاماً الماضية سخنت المياه التي حوله 2.5 درجة مئوية، وازدادت الانهيارات بشكل درامي. وبسبب البنية الجيولوجية الداخلية للمنطقة فإن هناك احتمالاً لحدوث انهيار هائل. وإذا ما حدث هذا فإن مستويات البحار جميعها في العالم سترتفع وبسرعة بمعدل من 4.5 إلى 5 أمتار.

إن الحقيقة الفائقة للعادة هي أننا لا نعرف ما هو الأكثر ترجيحاً: مستقبل يمنحنا دهوراً من البرودة المهلكة، أو واحد يمنحنا مدداً مساوية من الحرارة البخارية. هناك شيء واحد مؤكد فحسب: إننا نعيش على حد السكين.

وعلى المدى الطويل، وبالمصادفة، إن العصور الجليدية ليست بأي طريقة أخباراً سيئة للكوكب. إنها تطحن الصخور تاركة خلفها تربة جديدة خصبة جداً، وتولّد بحيرات من المياه العذبة تقدم احتمالات غذائية وافرة لمئات الأنواع من الكائنات. وهي تعمل كمهماز للهجرة وتجعل الكوكب أكثر حركةً (دينامياً). وكما قال تيم فلانيري: «هناك واحد فقط سؤال تحتاج أن تطرحه على قارة من أجل تحديد مصير سكانها: «هل كان لديكم عصر جليدي جيد؟» واضعين هذا في أذهاننا، حان الوقت؛ كي نتحدث عن نوع من القردة فعل هذا حقاً.

ثنائي الأقدام الغامض

منذ نحو مليون ونصف سنة، فعل جنس منسيٌّ من البشر الأوائل شيئاً غير متوقّع. تناول هو (أو ربما هي) حجراً واستخدمه بعناية كبيرة؛ كي يصوغ حجراً آخر. كانت النتيجة فأساً يدوية بسيطة على شكل دمعة، ولكنها كانت القطعة الأولى من التكنولوجيا المتقدمة في العالم.

كانت متفوقة على الأدوات الموجودة، بحيث إنّ الآخرين بدؤوا يحذون حذو الصانع ويصنعون فؤوسهم اليدوية الخاصة. في النهاية، وجدت مجتمعات برمتها بدت أنها لا تفعل شيئاً آخر. يقول إيان تاترسال: «إنهم يصنعون الفؤوس بالآلاف. هناك بعض الأمكنة في إفريقية حيث لا تستطيع أن تتحرك دون أن تدوس عليها. وهذا غريب؛ لأنها كانت تُصنع بكثافة. بدا وكأن صناعتها ممتعة جداً لهم».

ومن رف في الغرفة المغمورة بأشعة الشمس أنزل تاترسال علبة كبيرة، طولها متر وعرضها 20 سنتمتراً في نقطتها الأعرض، وسلّمها لي. كانت تشبه رأس الرمح، ولكنها بحجم حجر المعبر. كعلبة زجاج مغزول، كانت تزن عدة أونصات فقط، ولكن الأصلية، التي عثر عليها في تنزانية تزن 11 كيلوغراماً. قال تاترسال: «كانت أداة بلا فائدة بشكل كامل. تحتاج إلى شخصين لرفعها بشكل ملائم وسيكون من المرهق جداً قذف أي شخص بها».

«لماذا كانت تُستخدم إذاً؟».

هز تاترسال كتفيه بلطف، مسروراً من لغزها. «لا نعرف. ربما كان لها أهمية رمزية، ولكن هذا تخمين فحسب».

صارت الفؤوس تُعرف باسم الأدوات الأشوليّة(*)، على اسم أشول وهي ضاحية في أميينز في شمال فرنسة حيث عُثر على الأمثلة الأولى في القرن التاسع

(*) ذو علاقة بالعصر الباليوليثي الأدنى الذي تميّز باستعمال أدوات قاطعة ثنائيّة الوجه. المترجم.

عشـر، وهي تختلف عن الأدوات الأبسط والأقـدم التي تُعرف باسم أولدوان، التي عُـثر عليهـا أولاً في أولدوفاي جـورج في تنزانية. وفي النصوص المدرسية الأقدم، كانـت تصور أدوات أولدوان أحجاراً مستديرة كليلة بحجم اليد. والواقع أن علماء الأنثروبولوجيـا الإحاثية يميلون الآن إلى الاعتقاد بـأن أجزاء الأدوات من صخور أولدوان كانـت القطع التي انفصلت عن الأحجار الكبيرة، التي يمكن أن تستخدم للقطع.

والآن هنـا اللغز. حـين بدأ البشر الحديثـون الأوائل الذين صـاروا في النهاية نحـن بالانتقال من إفريقية منـذ أكثر من مئة ألف سنة، كانـت الأدوات الأشولية التكنولوجيا المختـارة. لقد أحب أولئك البشر المفكـرون الأوائل أدواتهم الأشولية أيضـاً. حملوهـا عبر مساحات شاسعـة. ونقلوا أحياناً صخـوراً غير مشغولة؛ كي يحوّلوها إلى أدوات فيما بعد. كانوا باختصار مخلصين للتكنولوجيا. ولكن بالرغم من أن الأدوات الأشولية عُثر عليها في إفريقية وأوروبة وغرب ووسط آسية فإنه لم يُعثر عليها أبداً في الشرق الأقصى. وهذا محيّر بشكل عميق.

وفي الأربعينيـات، رسم عالم إحاثة من هارفـارد يدعى هالم موفيوس شيئاً ما يُدعـى خط موفيوس يفصل الجانب، الذي عُـثر فيه علـى الأدوات الأشولية عن الجانـب الذي لم يُعثر عليها فيه. يجري الخط في اتجاه جنوبي شرقي عبر أوروبة والشـرق الأوسط إلى جوار كلكتا وبنغلادش الحاليتين. ووراء خط موفيوس، وعبر جنوب شرق آسية كله إلى الصين، لم يُعثر إلا على أدوات أولودوان الأقدم والأبسط. نعـرف أن البشر الحديثين وصلوا إلى ما وراء هذه النقطة، وهكذا لماذا سيحملون تكنولوجيا حجرية متقدمة وثمينة إلى حافة الشرق الأقصى، ثم يهجرونها؟

تذكّر آلن ثورن من الجامعة القومية الأسترالية في كانبيرة: «لقد أزعجني هذا الوقت طويل. لقد استندت الأنثروبولوجيا الحديثة كلها إلى فكرة أن البشر جاؤوا مـن إفريقية في موجتـين: موجة أولى مـن البشر المنتصبين، التي صـارت إنسان جاوة وإنسان بكين، وفيما بعد، موجة أكثر تقدماً من البشر الحديثين، حلت مكان

الأوائل. ولكن لقبول ذلك يجب أن تصدق أن البشر الحديثين وصلوا إلى هذا الحد البعيد بتكنولوجيتهم الأحدث ثم تخلوا عنها. كان هذا محيّراً جداً، هذا إذا قلنا أدنى شيء».

وكما تبيّن، سيكون هناك كمية كبيرة تسبب الحيرة وأحد أكثر الاكتشافات إرباكاً، من بين الجميع جاء من المكان الذي يحيا فيه ثورن، في الريف النائي الأسترالي. ففي عام 1968 كان هناك عالم جيولوجيا يُدعى جيم باولر يبحث في قاع بحيرة جفت منذ وقت طويل، تدعى منغو في زاوية جافة ومعزولة من نيو ساوث ويلز الغربية حين جذب عينيه شيء مفاجئ جداً. كانت تنتأ من حافة رملية على شكل هلال من النوع الذي يُدعى التل الهلالي عظام بشرية. كان يُعتقد في ذلك الوقت أن البشر كانوا في أسترالية منذ ثمانية آلاف عام فحسب، ولكن منغو كانت جافة لاثني عشر ألف عام. وهكذا ما الذي كان يفعله أي شخص في مكان كهذا غير قابل للسكن؟

إن الجواب، الذي قدّمه التأريخ بالكربون، هو أن صاحب العظام عاش هناك حين كانت بحيرة منغو مكاناً قابلاً للسكن، يبلغ طولها 20 كيلومتراً، وملأى بالمياه والأسماك، وتحف بها غيضات من أشجار الكاسوارينا Casuarina. وما سبّب دهشة الجميع تبين أن العظام تعود إلى 23 ألف سنة. برهنت عظام أخرى عُثر عليها في الجوار على أن عمرها ستون ألف عام. كان هذا غير متوقع إلى درجة بدا فيها مستحيلاً عملياً. فمنذ أن نشأت الأنواع البشرية الأولى على الأرض كانت أسترالية جزيرة. إن البشر الذين وصلوا إلى هناك يجب أن يعبروا البحر، في أعداد كبيرة بما يكفي للبداية بإنجاب السكان، بعد عبور 100 كيلومتر أو أكثر من المياه المفتوحة دون أن يمتلكوا أي طريقة كي يعرفوا أن يابسة ملائمة تنتظرهم. وبعد أن نزلوا على الشاطئ، عثر شعب المنغو على طريقه عابراً ثلاثة آلاف كيلومتر نحو داخل البلاد منطلقاً من ساحل أسترالية الشمالي نقطة الدخول المفترضة مما يوحي - بحسب تقرير في محاضر الأكاديمية القومية للعلوم - أنه «يمكن أن الناس وصلوا في البداية قبل ستين ألف سنة».

كيف وصلوا إلى هناك، ولماذا جاؤوا؟ سؤالان لا يمكن الإجابة عنهما. وبحسب معظم النصوص الأنثروبولوجية، ليس هناك دليل على أن الناس استطاعوا أن ينطلقوا منذ ستين ألف سنة، أو أن ينخرطوا في جهود تعاونية ضرورية لبناء مراكب جديرة بالمحيط ويستعمروا القارات الجزر.

قال آلن ثورن لي حين قابلته في كانبيرة: «هناك كثير جداً الذي نجهله عن انتقال البشر قبل التاريخ المدوّن»، «هل تعرف أنه حين وصل علماء الأنثروبولوجيا في القرن التاسع عشر إلى بابوا نيو غينيا، عثروا على بشر في أراضي الداخل المرتفعة - في بعض مناطق الأرض الأكثر صعوبة للوصول - يزرعون البطاطا الحلوة. إن البطاطا الحلوة ولدت في أمريكة الجنوبية. ولكن كيف وصلت إلى بابوا نيو غينيا؟ لا نعرف. لا نملك أدنى فكرة. ولكن ما هو مؤكد هو أن الناس كانوا ينتقلون بشكل لا يرقى إليه الشك مدة أطول مما ظُنّ تقليدياً، وكانوا بالتأكيد يتقاسمون الجينات والمعلومات».

إن المشكلة هي دوماً سجلّ الأحافير. يقول ثورن، وهو رجل ذو عين حادّة ولحية صغيرة مشذّبة وأسلوب مركّز وودّي: «إن أجزاء قليلة جداً من العالم يمكن أن تحفظ لوقت طويل البقايا البشرية»، «لولا بعض الأمكنة المنتجة مثل هادار وأولدوفاي في شرق إفريقية فإننا لن نعرف سوى القليل. وحين تبحث في مكان آخر فإننا لا نعرف في الغالب سوى القليل بشكل مخيف. إن الهند كلها لم تقدم إلا أحفوراً بشرياً واحداً قديماً، منذ نحو ثلاث مئة ألف عام. وبين العراق وفيتنام وهي مسافة خمسة آلاف كيلومتر كان هناك فقط اثنان: ذاك الذي في الهند وواحد نياندرتالي من أوزبكستان». ابتسم. «ليس هذا كثيراً كي تعمل عليه. أنت متروك في موقع ليس لديك فيه سوى بعض الأمكنة المنتجة للأحافير البشرية، وادي ريفت العظيم في إفريقية ومنغو هنا، في أسترالية، والقليل جداً بينهما. ليس من المفاجئ أن علماء الإحاثة يعانون من مشكلات في الوصل بين النقاط».

إن النظرية التقليدية لشرح الانتقالات البشرية والنظرية التي لا تزال مقبولة من غالبية الناس في هذا الحقل هي أن البشر انتشروا عبر أوراسيا في

موجتين. اشتملت الأولى على الإنسان المنتصب الذي غادر إفريقية بسرعة بشكل لافت تقريباً حالما ظهر كنوع، وبدأ تقريباً منذ مليوني سنة. ومع مرور الوقت، وحين استقروا في مناطق مختلفة، تطور منتصبو القامة الأوائل هؤلاء إلى أنواع متميزة: إلى إنسان جاوة وإنسان بكين في آسية، وإلى إنسان هايدلبيرغ والإنسان النياندرتالي في أوروبة.

ثم نشأ شيء ما منذ مئة ألف سنة، كائن أكثر ذكاء وصغير، وهو سلف كل منا الآن في السهول الإفريقية وبدأ موجة ثانية. أينما ذهبوا - بحسب هذه النظرية - فإن البشر الحديثين طردوا أسلافهم الأكثر بلادة والأقل قدرة على التكيف. أما كيف فعلوا هذا فقد كان دوماً موضوعاً للجدل. لم يُعثر على آثار ذبح، وهكذا فإن معظم العلماء يعتقدون أن النوع البشري الجديد كان أكثر كفاءة من النوع القديم، بالرغم من أنه يمكن أن تكون عوامل أخرى قد أسهمت في ذلك. اقترح تاترسال: «ربما نقلنا إليهم الجدري. ليس هناك طريقة لمعرفة الحقيقة. الحقيقة الوحيدة هي أننا الآن هنا أما هم فلا».

إن البشر الحديثين الأوائل غامضون بشكل مفاجئ. نعرف عن أنفسنا أقل مما نعرف عن أي سلالة أخرى من البشر. وهذا غريب بالفعل، كما يقول تاترسال: «إن معظم الحدث الرئيس الأخير في النشوء الإنساني ظهور نوعنا ربما هو الأكثر غموضاً من كل شيء». ولا أحد يمكن أن يتفق تماماً أين ظهر البشر الحديثون أول مرة في سجل الأحافير. وتقول كثير من الكتب: إن الظهور الأول حدث منذ نحو مئة وعشرين ألف سنة في شكل بقايا، اكتشفت عند مصب نهر كلاسيز في جنوب إفريقية، ولكن لا يقبل الجميع أن هؤلاء بشر حديثون بشكل كامل. ويؤكد تاترسال وشوارتز أنه «إن كان أي منهم أو كلهم يمثلون أنواعنا فإن هذا لا يزال ينتظر التوضيح».

إن الظهور الأول غير المتنازع عليه للبشر الحديثين هو في شرق المتوسط، المتعلق بإسرائيل الحديثة، حيث بدؤوا يظهرون منذ مئة ألف عام، ولكن حتى هناك تم وصفهم (من قبل ترنكاوس وشيبمان) بأنهم «غريبون، من الصعب تصنيفهم

وغير معروفين بشكل جيد». كان النياندرتاليون موجودين سابقاً في المنطقة، وكان لديهم نوع من الدلاء عرف باسم الأداة الموستيرية، التي وجدها البشر الحديثون جديرة بأن تُستعار. لم يعثر على بقايا نياندرتالية أخرى، وتعايش البشر الحديثون بطريقة ما لعشرات الآلاف من السنين في الشرق الأوسط. يقول تاترسال: «لا نعرف إن عاشوا في المدة نفسها وفي المكان نفسه أو عاشوا جنباً إلى جنب». ولكن الحديثين واصلوا استخدام الأدوات النياندرتالية بسعادة، وهذا لا يشكل دليلاً مقنعاً على تفوق ساحق. وما لا يقل غرابة، هو أن الأدوات الأشّولية عثر عليها في الشرق الأوسط منذ مليون عام، ونادراً ما وجدت في أوروبة إلا منذ ثلاث مئة ألف عام. مرة ثانية، والذي لا يزال لغزاً لماذا لم يأخذ الناس الذين لديهم التكنولوجيا هذه التكنولوجيا معهم؟

ظُنّ لوقت طويل أن بشر كرومنيون Cro-Magnons، كما سُمّي البشر الحديثون في أوروبة، طردوا النياندرتاليين الذين قبلهم فيما كانوا يتقدمون عبر القارة، وأجبروهم في النهاية إلى الذهاب إلى الأطراف الغربية للقارة، حيث لم يكن لديهم خيار سوى السقوط في البحر أو الانقراض. والواقع أنه من المعروف الآن أن الكرومنيين كانوا في الغرب الأقصى الأوروبي في الوقت نفسه، الذي كانوا يأتون فيه من الشرق. يقول تاترسال: «كانت أوروبة مكاناً فارغاً في ذلك الوقت. يمكن ألا يكونوا قد قابلوا بعضهم بعضاً طوال ذلك الوقت بالرغم من مجيئهم وذهابهم». إن إحدى غرابات مجيء إنسان كرومنيون هو أنه جاء في وقت سمّاه علم المناخ القديم فاصل بواتييه Boutellier، حين كانت أوروبة تنتقل من مدة من الاعتدال النسبي إلى مدة أخرى طويلة من البرد القارس. ومهما كان ما شدهم إلى أوروبة، فإنه لم يكن الطقس العظيم.

على أي حال، إن فكرة أنه تم القضاء على النياندرتاليين على يد منافسيهم الكرومونيين الوافدين حديثاً غير مدعومة بأدلة كافية. كان النياندرتاليون أشدّاء. فقد عاشوا طوال عشرات آلاف السنين في ظروف لا يستطيع سوى قلة من العلماء القطبيين والمستكشفين أن يمروا فيها. ففي أثناء أسوأ العصور الجليدية

كانـت العواصف الثلجية التي تهب بقوة الأعاصير مألوفة. وكانت درجات الحرارة تنخفض إلى 45 تحت الصفر. وكانت الدببة القطبية ترتحل في الأودية الثلجية لجنوب إنكلترة. وكان النياندرتاليون ينسحبون من الأسوأ، ولكنهم جربوا طقساً كان سيئاً كالشتاء السيبيري الحالي. من المؤكد أنهم عانوا فقد كان النياندرتالي الذي يعيش إلى فوق الثلاثين محظوظاً، ولكنهم كانوا نوعاً مقاوماً بشكل رائع وغير قابلٍ للتدمير عملياً. عاشوا على الأقل مئة ألف عام، وربما ضعف ذلك، في منطقة تمتد من جبل طارق إلى أوزبكستان، وهذا مجرى ناجح لأي نوع في الوجود.

أما من هم؟ وكيف كانوا؟ فهي مسألة عليها خلاف وغير مؤكدة. فحتى منتصف القرن العشرين كانت وجهة النظر الأنثروبولوجية المقبولة عن النياندرتالي هي أنه مبهم ومحدودب ومتثاقل القدمين ويشبه القرد؛ أي رجل الكهف المثالي. حصلتْ حادثة مؤلمة دفعت العلماء إلى إعادة التفكير بوجهة النظر هذه. ففي عام 1947، وفيما كان يقوم بعمل ميداني في الصحراء، لجأ عالم إحاثة فرنسي جزائري الأصل يدعى كميل أرامبورغ هارباً من حرارة منتصف النهار إلى ظل جناح طائرته الخفيفة. حين جلس هناك، انفجر إطار بسبب الحرارة فاهتزت الطائرة فجأة موجّهة إليه ضربة في الجزء الأعلى من جسمه. فيما بعد في باريس ذهب كي يصور عنقه بأشعة إكس ولاحظ أن فقراته كانت مصطفة مثل فقرات الإنسان النياندرتالي المنحني والضخم. إما كان بدائياً على المستوى الفسيولوجي أو أن وضعية النياندرتالي لم تُوصف بشكل دقيق. وفي الحقيقة كان الأمر هو الثاني. لم تكن فقرات النياندرتالي تشبه القرد مطلقاً. غيّر هذا بشكل كامل فهمنا للنياندرتالي، ولكن لبعض الوقت كما تبيّن.

لا يزال هناك اعتقاد شائع بأن النياندرتاليين يفتقرون إلى الذكاء أو كي يتنافسوا بشكل مساوٍ مع الوافدين الجدد إلى القارة، النحيلين والأكثر ذكاء، أي البشر الحديثين. وإليكم تعليقاً من كتاب صدر حديثاً: «لقد حيّد البشر الحديثون هذه الميزة [البنية الجسدية الأكثر قوة للنياندرتاليين] بثياب أفضل، ونيران أفضل

ومـأوى أفضل؛ بينما كان النياندرتاليون عالقـين بجسم ضخم يقتضي المزيد من الغـذاء كـي يستمر». بتعبير آخـر، إن العوامل نفسها التي سمحـت لهم بأن يحيوا بنجاح لمئة ألف عام صارت فجأة عقبة لا يمكن تجاوزها.

فضـلاً عـن ذلـك، إن المسألة التـي لم تُعالج أبـداً هـي أن النياندرتاليين كان لهم أدمغـة أكبر من أدمغة البشر الحديثين: 1.8 ديسمـتر للنيادرتاليين إزاء 1.4 ديسمـتر للحديثين، وفـق حساب واحد. وهذا أكثر من فـرق بين الإنسان الحديث والإنسان منتصـب القامة، النوع الذي يسعدنا أن نعـدّه بصعوبة إنساناً. والحجة التـي طُرحت هي أنه بالرغـم من أن أدمغتنا كانت أصغر، فقد كانت أكثر فاعلية. أعتقـد أننـي أقول الحقيقة حين أقـول: إنه لم تقد حجة كهذه إلـى أنه ليس في أي مكان آخر في التطور الإنساني.

يمكنكـم أن تسألوا إنه بما أن النياندرتاليين كانوا ضخام الجثة وقابلين للتكيّف وبأدمغة جيدة، فلماذا ليسوا معنا؟ إن أحد الإجابات الممكنة ولكن المثيرة للجدل هي ربما هم معنا. إن آلن ثورن هو أحد مؤيدي نظرية بديلة تُعرف باسم فرضية تعدد الأقاليـم، التي تقول: إن التطور الإنسـاني كان متواصلاً فكما تطور القرد الجنوب إفريقي إلى الإنسان البارع Homo habilis وصار إنسان هايدلبرغ مع مرور الزمن نياندرتاليـاً، وهكذا تطوّر الإنسان الحديث من الأشـكال البشرية الأقدم. من هذا المنظور، إن الإنسان المنتصب القامة ليس نوعاً منفصلاً وإنما طور انتقالي. وهكذا فـإن الصينيين الحديثين ينحدرون من الإنسان المنتصـب القامة القديم، وينحدر الأوروبيـون الحديثون من منتصبي القامة الأوروبيين، وهكذا دواليك. ويقول ثورن: «ليسـ هنـاك منتصبو قامة إلا بالنسبة لي. وأعتقد أنـه مصطلح استمر أكثر مما ينبغي. بالنسبة لي منتصب القامة جزء أولي منا. أعتقد أن نوعاً واحداً من البشر فحسب غادر إفريقية، وذلك النوع هو البشر الحديثون».

إن معارضـي نظرية تعدد الأقاليم يرفضونها أولاً على أساس أنها تتطلب كمية من التطور المماثل من قبل الأنواع البشرية عبر العالم القديم، في إفريقية والصين

وأوروبة، وأكثر الجزر الأندنوسية بعداً، وأينما ظهروا. ويعتقد بعضهم أيضاً أن تعدد الأقاليم يُشجّع على النظرة العرقية. استغرق علماء الأنثروبولوجيا وقتاً طويلاً للتخلّص من هذه النظرية. ففي أوائل الستينيات اقترح عالم أنثروبولوجيا مشهور يُدعى كارلتون كون من جامعة بنسلفانية، أن بعض السلالات الحديثة لها مصادر أصل مختلفة، مما يعني أن بعضنا جاء من أصل متفوق على الآخرين. عكست هذه النظرية بشكل غير مريح معتقدات قديمة بأن بعض السلالات الحديثة مثل «رجال الأدغال» (بشكل صحيح كالاهاري سان) والمواطنين الأصليين الأستراليين كانوا أكثر بدائية من الآخرين.

مهما كان ما شعر به كارلتون كون شخصياً فإن المعنى الضمني لكثير من البشر هو أن بعض السلالات كانت أكثر تقدماً، وأن بعض البشر يمكن أن يشكّلوا جوهرياً أنواعاً مختلفاً. إن وجهة النظر هذه، التي هي عدائية بشكل غريزي الآن، انتشرت بشكل واسع في كثير من المناطق المحترمة حتى أوقات متأخرة. أمامي كتاب نشرته دار منشورات الزمن الحياة في 1961 بعنوان «ملحمة الإنسان»، وهو يستند إلى سلسلة من المقالات من مجلة لايف. ويمكنك أن تعثر فيه على تعليقات مثل «إن الإنسان الروديسي... عاش منذ خمسة وعشرين ألف سنة وربما كان سلف الزنوج الأفارقة. كان حجم دماغه قريباً إلى حجم دماغ الإنسان الحديث». بتعبير آخر، انحدر الأفارقة السود من مدة قصيرة من كائنات كانت فقط «قريبة» من البشر الحديثين.

رفض ثورن رفضاً قاطعاً - كما أعتقد - فكرة أن نظريته عرقية، وتفسّر تماثل التطور البشري عبر اقتراح أن هناك كثيراً من الاختلاط بين الثقافات والأقاليم. يقول: «ليس هناك سبب لافتراض أن البشر ذهبوا باتجاه واحد فحسب. كان الناس يتحركون في الأمكنة جميعها، وحيث كانوا يلتقون كانوا بالتأكيد يتقاسمون تقريباً المادة الجينية عبر التهاجن. لم يحل الوافدون الجدد مكان السكان الأصليين، وإنما انضموا إليهم. أصبحوا هم». وشبّه الموقف بالموقف الذي صادف فيه مستكشفون مثل كوك أو ماجلان شعوباً بعيدة أول مرة. «لم تكن تجمعات أنواع مختلفة، وإنما النوع نفسه مع بعض الفروق الجسدية».

يصرّ ثورن على أن ما ترونه في سجل الأحافير هو تحوّل طفيف متواصل. «هناك جمجمة مشهورة من بترالونا في اليونان، تعود إلى نحو ثلاث مئة ألف عام، كانت موضوعاً للسجال بين التقليديين؛ لأنها تبدو بطريقة ما كالإنسان منتصب القامة وبطرق أخرى كالإنسان الحديث. حسناً، ما نقوله هو أن هذا ما ستتوقعون أن تكتشفوه في أنواع كانت تتطور بدلاً من أن تنزح».

إن الشيء الذي سيساعد على حل المسائل سيكون دليل التهاجن، ولكن ليس من السهل البرهنة على هذا، أو دحضه، من المستحاثات. واكتشف علماء الأنثروبولوجيا في البرتغال عام 1999 هيكلاً عظمياً لطفل عمره أربع سنوات مات منذ 24,500 سنة. كانت الجمجمة حديثة كلياً، ولكن ببعض السمات القديمة المهجورة التي ربما هي نياندرتالية: عظام ساقين قوية، وأسنان مسطحة وعريضة حديثة، (بالرغم من أن الجميع لا يتفقون على ذلك) وثلمة في ظهر الجمجمة تدعى التجويف، وهي صفة حصرية للنياندرتاليين. أعلن إيريك ترنكاوس من جامعة واشنطن في سينت لويس، المرجع الرئيس عن النياندرتاليين، أن الطفل مهجّن: وهذا دليل على التزاوج بين النياندرتاليين والبشر الحديثين. وواجه آخرون مشكلة أن ملامح البشر النياندرتاليين والحديثين لم تكن أكثر انسجاماً. وكما عبّر أحد النقاد: «إذا نظرت إلى بغل، فليس لديك الطرف الأمامي الذي يبدو كحمار والطرف الخلفي الذي يبدو كحصان».

أعلن أيان تاترسال أن هذا ليس أكثر من طفل حديث قصير ومكتنز. قيل: إنه يمكن أن يكون هناك بعض المداعبة الجنسية بين النياندرتاليين والبشر الحديثين، ولكنه لا يعتقد أن هذا يمكن أن ينتج سلالة ناجحة تناسلياً(*) . كما يقول: «لا أعرف عن أي متعضيين في أي حقل في البيولوجيا هما مختلفان هكذا، ولا يزالان في النوع نفسه».

(*) إن أحد الاحتمالات هو أن النياندرتاليين وبشر كرومنيون كان لهم أعداد مختلفة من الكروموسومات، وهذا تعقيد ينتج عادة حين تتحد الأنواع القريبة ولكن غير المتماثلة. ففي عالم الخيول مثلاً، تمتلك الخيول 64 كروموسوماً والحمير 62. زاوج بين الاثنين وتحصل على سلالة بعدد من الكروموسومات غير المفيدة تناسلياً، 63. تحصل، باختصار على بغل عقيم.

ولأن سجل الأحافير غير مساعد هكذا، التفت العلماء بشكل متزايد إلى الدراسات الجينية، خاصةً الجزء المعروف باسم عضيّات الـ (DNA). اكتشفت عضيات الـ (DNA) في 1964، ولكن في الثمانينيات أدركت بعض الأرواح العبقرية من جامعة كاليفورنية في بيركلي أن لها سمتين قدمتا لها ملاءمة معيّنة كنوع من الساعة الجزيئية: ويتم تمريرها عبر الخط الأنثوي، وهكذا فإنها لا تختلط مع الـ(DNA) الأبوي مع كل جيل جديد، وتتحول أسرع بعشرين مرة من الـ(DNA) النووي العادي، جاعلة من السهل رصد واتباع النماذج الجينية مع مرور الزمن. فعبر رصد نسب التحول استطاعوا استنتاج التواريخ الجينية وعلاقات مجموعات كاملة من البشر.

وفي عام 1987 قام فريق من بيركلي قاده المرحوم آلن ولسون بتحليل عضيّات (DNA) من 147 فرداً، وأعلن أن نشوء البشر الحديثين تشريحياً حصل في إفريقية في المئة وأربعين ألف عام الأخيرة، وأن «كل بشر اليوم الحاليين انحدروا من أولئك السكان». كانت هذه ضربة قوية للقائلين بتعدد الأقاليم. ولكن عندئذ بدأ الناس ينظرون بدقة إلى تلك المعطيات. إن إحدى النقاط الفائقة للعادة التي هي فائقة للعادة حقاً كي تشرف، هي أن الأفارقة الذين استُخدموا في الدراسة كانوا أمريكيين من أصل إفريقي، والذين على ما يبدو خضعت جيناتهم لتدخل معتبر عبر بضع مئات من السنين الماضية. وبزغت الشكوك في الحال في نسب التحولات المفترضة.

وفي عام 1992، رُفِضَت الدراسة. ولكن استمر صقل تقنية التحليل الجيني؛ ففي 1997 نجح العلماء في جامعة ميونخ في انتزاع وتحليل بعض الـ (DNA) من عظم ذراع الإنسان النياندرتالي الأصلي، وهذه المرة صمد الدليل. اكتشفت دراسة ميونخ أن الـ (DNA) النياندرتالي لا يشبه أي (DNA) عثر عليه على الأرض الآن، مما يشير بقوة إلى أنه لم يكن هناك رابط جيني بين النياندرتاليين والإنسان الحديث. كانت هذه في الحقيقة ضربة للقائلين بتعدد الأقاليم.

في أواخر عام 2000، قالت مجلة نيتشر ومنشورات أخرى: إن دراسة سويدية لعضيّات (DNA) ثلاثة وخمسين شخصاً أوحت أن كل البشر الحديثين بزغوا من إفريقية في أثناء المئة ألف سنة الماضية، وجاؤوا من أرومة لا تتجاوز عشرة آلاف شخص. بعد ذلك حالاً، أعلن مدير معهد وايتهد - مركز معهد ماساتشوسيتس لتكنولوجيا أبحاث الجينوم إريك لاندر - أن الأوربيين الحديثين وربما البشر البعيدين انحدروا من «ما لا يتجاوز بضع مئات من الأفارقة الذين غادروا وطنهم منذ 25 ألف سنة».

وكما سبق أن نبهنا، إن الكائنات البشرية تظهر تنوعاً جينياً قليلاً «هناك تنوع في مجموعة واحدة من 55 شمبانزياً أكثر مما يوجد في البشر جميعاً»، كما قال أحد العلماء وهذا يشرح السبب. ولأننا انحدرنا حديثاً من سكان قليلين مؤسسين، لم يكن هناك وقت كافٍ أو بشر كافون لتقديم مصدر من التنوع الكبير. وبدت هذه ضربة حادة جداً لتعدد الأقاليم. وقال أكاديمي من (بين ستيت) للواشنطن بوست: «بعد هذا، لن يكون الناس مهتمين جداً بنظرية تعدد الأقاليم، التي لا تملك أدلة كافية».

ولكن هذا أغفل القدرة اللانهائية تقريباً على المفاجأة التي أبداها شعب مونغو القديم من نيو ساوث ويلز الغربية. وفي أوائل 2001، أفاد ثورن وزملاؤه في الجامعة الأسترالية القومية أنهم أخرجوا الـ (DNA) من أقدم عينات المونغو، التي تعود الآن إلى 62 ألف سنة وأن هذا الـ (DNA) برهن أنه «متميّز وراثياً».

إن إنسان المونغو، بحسب هذه الاكتشافات، كان حديثاً تشريحياً مثلك ومثلي ولكنه يحمل نسباً جينياً مميزاً. إن عضيّات الـ (DNA) لديه لم يعد يُعثر عليها في البشر وكأنه انحدر مثل البشر الحديثين من أفراد غادروا إفريقية حديثاً.

قال ثورن بمتعة واضحة: «لقد قلب هذا كل شيء رأساً على عقب مرة أخرى».

ثم بدأت شذوذات أخرى أكثر لفتاً للنظر بالظهور. فقد اكتشفت روزاليند هاردنغ - وهي عالمة وراثة مختصة بالسكان في معهد الأنثروبولوجيا البيولوجية في أكسفورد، فيما كانت تدرس جينات البتغلوبين betglobin في البشر الحديثين

– فرقين شائعين بين الآسيويين والسكان المحليين لأسترالية، ولكن لا يكادان يوجدان في إفريقية. إن الجينتين المتغايرتين، كما هي متأكدة، نشأتا منذ أكثر من مئتي ألف سنة ليس في إفريقية ولكن في شرق آسية، قبل وقت طويل من وصول البشر الحديثين إلى هذه المنطقة. إن الطريقة الوحيدة لتفسيرهما هي القول: إن أسلاف الشعب الذي يعيش الآن في آسية اشتمل على بشر بدائيين: رجل جاوة وما شابه. ومن اللافت أن هذا الجين المختلف نفسه جين رجل جاوة يظهر في السكان الحديثين في أكسفوردشير.

ذهبت مشوشاً، إلى مقابلة هاردنغ في المعهد، الذي يقع في فيلا قديمة من الآجر في بانبري رود في أكسفورد. هاردنغ أسترالية صغيرة ومرحة، أصلها من بريسبين، وتتمتع بموهبة نادرة بأنها مرحة وجدية في آن واحد.

قالت على الفور، وهي تبتسم حين سألتها كيف أن الناس في (أكسفوردشير) يأوون سلاسل متعاقبة من البتغلوبين يجب ألا تكون هناك: «لا أعرف»، ثم واصلت كلامها بتجهم أكبر: «بالمجمل، إن السجل الجيني يدعم فرضية الخروج من إفريقية. ولكنك حينئذ تعثر على تلك المجموعات من الحالات الشاذة، التي يفضل معظم علماء الوراثة عدم الحديث عنها. ثمة كميات كبيرة من المعلومات ستكون متوافرة لنا لو أننا نستطيع فهمها فحسب، ولكننا لم نفهمها بعد. بالكاد بدأنا». رفضت الاعتماد على ما يقوله لنا وجود جينات ذات أصل آسيوي في أكسفوردشاير، معتبرة أن الموقف معقد بوضوح. «كل ما نستطيع قوله في هذه المرحلة هو أن الأمر غير منظّم بشكل كبير ولا نعرف في الحقيقة لماذا؟».

وفي وقت لقائنا، في أوائل 2002، كان هناك عالم آخر من أكسفورد يدعى برايان سايكس نشر كتاباً شعبياً بعنوان «البنات السبع لحواء» زعم فيه – مستخدماً دراسات عضيّات الـ (DNA) – أنه قادر على أن يتعقب تقريباً الأوروبيين الأحياء جميعاً إلى سكان مؤسسين من سبع نساء فحسب «بنات حوّاء»، كما يقول العنوان «عشن منذ عشرة آلاف إلى خمسة وأربعين ألف عام في زمن يعرفه العلم باسم

العصـر الباليوليثـي. ومنح سايكس لكل من هؤلاء النساء اسمـاً أورسولا، وزينيا، وجاسمين وهكذا دواليك وسيرة شخصيـة مفصّلة. (كانت أورسولا الابنة الثانية لأمها. أما الطفلة الأولى فقد التهمتها لبوة حين كانت في الثانية من عمرها...).

حين سألت هاردنغ عن الكتاب ابتسمت ابتسامة عريضة ولكن بحرص، وكأنها غـير متأكدة كيف تجيب: «حسنـاً، أعتقد أنك يجب أن تمنحـه بعض الجدارة في جعـل موضوع صعب شعبياً»، قالت ثم توقفـت وهي تفكر. «ويبقى الاحتمال البعيد أنـه على صـواب». ضحكت، ثم تابعت بشكل أكثر تصميمـاً: «إن المعطيات من أي جينـة مفـردة لا يمكن في الواقع أن تقول لك أي شيء محدد. إذا تبعت عضيّات الـ (DNA) إلـى الخلف، فستأخذك إلى مكان محدد، إلى أورسولا أو تارا أو أي اسم آخـر. ولكـن إن أخذت أي قطعـة أخرى من الـ (DNA)، أي جـين لا على التعيين، وتعقبته، فسيأخذك إلى مكان آخر».

إن الأمـر يشبـه سلوك طريق بنحـو عشوائي خارج لندن واكتشـاف أنه ينتهي أخـيراً في جـون أو جروتز، وتستنتج من هـذا أن أي شخص في لندن لا بد أنه جاء نتيجـة لذلك من شمال أسكتلندة. يمكن أنهم جاؤوا من هناك بالطبع، ولكن كان يمكن بنحو مساوٍ أن يأتوا من مئات الأمكنة الأخرى. بهذا المعنى، وبحسب هاردنغ، إن كل جين هو طريق سريع مختلف، وبالكاد بدأنا نضع خرائط الطرق. كما قالت: «لا يوجد جين واحد يستطيع أن يخبرك القصة كلها».

إذاً يجب ألا نثق بالدراسات الجينية.

«آه، ليـس بوسعك أن تثـق بالدراسات بما يكفي، إذا تحدثنا عامةً، فما يمكنك الثقة به هو النتائج الساحقة التي يربطها الناس غالباً بها».

إنها تعتقد أن الخروج من إفريقية هو «على الأرجح صحيح بنسبة 95%» ولكنها أضافـت: «أعتقد أن الجانبين سببا ضرراً للعلم عن طريق الإصرار على أنه يجب أن يكـون شيئاً أو آخر. من المحتمل أن يتبـين أن الأشياء ليست صحيحة كما يريد كل معسكـر منك أن تعتقد. إن الدليل بدأ يوحي بوضوح أن هناك هجرات متعددة

وانتشـارات في أجزاء مختلفة من العالم في الاتجاهات جميعها وتمزج عامةً زمرة الجينات. وليس من السهل ترتيب هذا».

كان هنـاك أيضـاً عدد من التقاريـر التي تشكك بصدق مزاعـم عن استعادة (DNA) قديمـة. فقـد نـوّه أكاديمي في مقـال نُشر في مجلة نيتشـر كيف أن عالم إحاثـة - حـين سأله زميل إن كان يعتقد أن جمجمة قديمة هي مطلية - لعق قمتها وأعلـن أنها كذلك. قالت مقالـة نيتشر: «إن كميات كبيرة من الـ (DNA) البشري الحديـث يتم نقلها إلى الجمجمـة»، مما يجعلها دون فائـدة للدراسة المستقبلية. سألـت هاردنغ عن هـذا فقالت: «لا بد أنها كانت ملوثة سابقاً. إنها مجرد معالجة عظم تلوثه. فالنفخ عليه يلوّثه. ومعظم المياه في مخابرنا ستلوثه. إننا نسبح جميعاً في (DNA) أجنبـي. مـن أجل الحصول علـى عيّنة نظيفة بشـكل موثوق يجب أن ننقب عنها في ظروف معقمة، ونقوم بالاختبارات عليها في الموقع. إن أدق شيء في العالم هو ألا تلوّث عيّنة».

سألتها: أيجب أن تعامل مزاعم كهذه بشك إذاً؟

أجابت هاردنغ بتجهم كبير: «بشك كبير».

إذا رغبـت أن تفهـم في الحال لماذا لا نعرف سوى القليل عن الأصول البشرية، فبوسعـي أن أدلك على المكان. إنه يبعد قليـلاً خلف حافة تلال نجونج الزرقاء في كينيـة، إلى جنوب وغرب نيروبي. قُدْ سيارتك خـارج المدينة على الطريق السريع الرئيسـ إلـى أوغندة وهنـاك ستأتي لحظة مـن العظمة المفاجئة حـين ستنبسط الأرضـ وترى منظراً كالذي يُشاهد من طائـرة شراعية للسهل الإفريقي الأخضر الشاحب الذي بلا حدود.

هذا وادي الخسف الكبير الذي يتقوّس عبر 3000 ميل من شرق إفريقية، محدداً التمزق التكتوني الذي فصل إفريقية عن آسية. هنا، ربما على بعد 65 كيلومتراً من نيروبـي، على طول أرض الـوادي اللافحة، يوجد موقع قديم يدعـى أولورجيسيلي Olorgesaili، الذي انتصب مرة إلى جانب بحيرة كبيرة وجميلة. وفي عام 1919،

بعـد أن اختفت البحيرة بوقت طويل، كان هناك عـالم جيولوجيا يدعى جي. دبليو. غريغـوري يفتش المنطقة، بحثاً عن المعادن حين عثر على فسحة من الأرض منقطة بأحجـار سوداء شاذة صنعتها يد بشرية كما بدا بوضوح. لقد عثر على أحد أعظم مواقع صناعة الأدوات الأشّولية التي أخبرني عنها إيان تاترسال.

وعلـى نحو غير متوقع، وفي خريف 2002 قمت بزيارة هذا الموقع الفائق للعادة. ذهبت إلى كينية من أجل هدف آخر، لزيارة بعض المشروعات التي تديرها المؤسسة الخيريـة كـير إنترناشنال، ولكن مضيفـيَّ الذين كانوا يعرفون أننـي مهتم بأصول البشر من أجل هذا الكتاب الحالي، أدخلوا زيارة أولورجيسيلي في برنامج الزيارة.

بعـد أن اكتشفه عالم الجيولوجيا غريغوري ظل موقع أولورجيسيلي دون إزعاج طـوال عقدين قبل أن يبـدأ الفريق المشهور المؤلف من الزوجين لويس وماري ليكي بالتنقيـب الذي لم يكتمل بعد. ما عثرا عليـه كان موقعاً يمتدّ نحو عشرة دونمات، حيث كانت الأدوات تُصنع بأعداد لا تُحصى تقريباً لمليون عام، من نحو 1.2 مليون سنة إلى منذ مئتي ألف سنة. واليوم تمت حماية مواقع الأدوات من أعتى العناصر تحـت سقوف قصديرية مائلة، وتم تسييجها بالأسلاك الخاصة بالدجاج من أجل منـع تخريب الزوار الانتهازيـين، ولكن بخلاف ذلك، تُركـت الأدوات حيث تركها صانعوها وحيث عثر عليها آل ليكي.

أخـبرني جيلاني نجالي - وهو شـاب ذكي من المتحف الوطنـي الكيني أرسل كـي يعمل دليلاً - أن صخـور الكوارتز والسَّبج التي صُنعـت منها الفؤوس لم يعثر عليها أبداً في قاع الوادي. «كان عليهم أن يحملوا الأحجار من هناك»، قال مشيراً إلـى جبلين في المسافـة المتوسطة الضبابيـة، يقعان في الجهة المقابلـة من الموقع: أولورجيسيلـي وأول إيساكوت. و يبعد كل منهما 10 كيلومترات، وهذا طريق طويل لنقل الأحجار باليد.

لا نعـرف على وجه اليقين لماذا تكبّـد شعب أولورجيسيلي عناء كهذا. لم ينقلوا أحجاراً ثقيلة لمسافات طويلة فحسب إلى جانب البحيرة، ولكن ربما - وبشكل أكثر

لفتاً للنظر - قاموا عندئذ بتنظيم الموقع. كشفت تنقيبات ليكي أنه كان هناك مناطق تُصنع فيها الفؤوس ومناطق تُشحذ فيها. كان الموقع، باختصار نوعاً من المعمل؛ بقي مستخدماً لمليون عام.

أظهرت عمليات تصنيع نسخ مطابقة أن الفؤوس كانت صعبة الصنع، وتستغرق عملاً طويلاً، تستغرق صناعة الفأس ساعات ومع ذلك، وبشكل لافت، لم تكن جيدة للقطع والفرم أو التقشير أو أي مهمة أخرى صممت من أجلها كما هو مفترض. وهكذا تُركنا في موقف أنه لمليون سنة، قبل ولادة نوعنا بوقت طويل جداً، وقبل انخراطه في جهود تعاونية متواصلة جاء الناس الأوائل بأعداد معتبرة إلى هذا الموقع الخاص؛ كي يصنعوا أعداداً كبيرة جداً من الأدوات التي يبدو كأنه لا هدف من ورائها.

من كان هؤلاء الناس؟ لا نملك في الواقع أي فكرة. نفترض أنهم كانوا البشر المنتصبي القامة؛ لأنه لا يوجد مرشّحون آخرون، مما يعني أنه في أوج وجودهم كان العمال في أولورجيسيلي يمتلكون دماغ رضيع. ولكن ليس هناك دليل مادي كي نبني عليه هذا الاستنتاج. فبالرغم من أكثر من ستين عاماً من البحث، لم يُعثر أبداً على عظم بشري في موقع أولورجيسيلي أو إلى جواره. ومهما كان الوقت الطويل الذي قضوه هناك يقطعون الصخور يبدو كأنهم ذهبوا إلى مكان آخر؛ كي يموتوا.

قال لي جيلاني نجالي، وهو يتألق بالسعادة: «كل هذا لغز».

اختفى شعب أولورجيسيلي من المشهد منذ نحو مئتي ألف سنة حين جفّت البحيرة، وبدأ وادي الخسف يصبح المكان الحار الصعب الذي هو عليه الآن. في ذلك الوقت كانت أيامهم نوعهم معدودة. كان العالم على وشك الحصول على سلالته السيدة: البشر المفكرون. إن الأمور لن تكون على ما هي عليه أبداً مرة ثانية.

الفصل الثامن والعشرون

وداعاً

في أوائل ستينيات القرن السابع عشر، وفي الوقت الذي كان يجلس فيه إدموند هالي وصديقاه كريستوفر رين وروبرت هوك في مقهى في لندن، ويباشرون الرهان الذي تم بالمصادفة ونتج عنه كتاب إسحاق نيوتن المبادئ، وفي الوقت الذي حدد فيه هنري كافندش وزن الأرض وتم كثير من المشروعات الأخرى الملهمة والجديرة بالثناء التي شغلتنا في الصفحات الأربع مئة الأولى كان يجري حدث غير مرغوب في جزيرة موريتيوس، بعيداً في المحيط الهندي على بعد 1300 كيلومتر من جزيرة مدغشقر.

كان هناك بحّار أو حيوان بحّار يقتل آخر حيوانات الدودو، وهو الطائر المشهور بأنه لا يطير، ولكن طبيعته الغامضة التي تجعله يثق بالآخرين وافتقاره إلى السرعة جعلاه هدفاً سهلاً للبحارة الشبان الضجرين في أثناء الإجازة على الشاطئ. إن ملايين الأعوام من العزلة الآمنة لم تهيّئه لمواجهة سلوك بني البشر العشوائي والمثير للأعصاب.

لا نعرف بالضبط الظروف - أو حتى العام - الذي يشهد اللحظات الأخيرة لآخر طائر دودو، وهكذا لا نعرف أيّها نشأ أولاً، عالم يحتوي على المبادئ أو يحتوي على طيور الدودو، ولكننا نعرف أنهما حدثا في الوقت نفسه. ومهما بحثت فإنك لن تجد حدثين أفضل لإيضاح الطبيعة المقدسة والوضيعة للكائن البشري، إنه نوع من المتعضيات القادرة على كشف أعمق أسرار السماء، بينما في الوقت نفسه يدفع نحو الانقراض - دون أي سبب على الإطلاق - كائناً لم يسبب لنا أي أذى ولم يكن قادراً أن يفهم من بعيد ما الذي كنا نفعله له. والواقع أن طيور الدودو لا تشاهد كثيراً ولكن إذا شئت أن تعثر عليها في منطقة، فكل ما عليك أن تفعله هو أن تأسر طائراً وتتركه يصرخ، وستأتي جميع الطيور الأخرى؛ كي ترى ما المشكلة.

لم تنتهِ الإساءات لطائر الدودو المسكين هنا. ففي 1755، بعد سبعين سنة من مقتل آخر طائر دودو، قرر مدير متحف آشمولين في أكسفورد أن طائر الدودو المحنط في المؤسسة صار يصدر رائحة عفونة كريهة وأمر بإحراقه. كان هذا قراراً مفاجئاً؛ لأنه كان طائر الدودو الوحيد في الوجود. حاول موظف أرعبته الحادثة أن ينقذ الطائر، ولكنه لم يستطع أن ينقذ إلا رأسه وجزءاً من أحد أعضائه.

نتيجة لهذا ولمخالفات أخرى للحس العام لسنا متأكدين بشكل كامل كيف كان طائر الدودو الحي. إن المعلومات التي نملكها في هذا الصدد قليلة بخلاف ما يظن الناس، وهي مجرد وصف خام قام به «رحالة غير علميين، وثلاث أو أربع لوحات زيتية، وبعض شظايا العظام المبعثرة»، كما قال بحزن عالم الطبيعة في القرن التاسع عشر (هـ. إي. ستريكلاند). وكما نبَّه بكآبة، لدينا المزيد من الأدلة المادية عن بعض الوحوش البحرية القديمة وعظائيات الأقدام (الصربود) ذات المشية المتثاقلة، أكثر مما نعرف عن طائر عاش حتى الأزمنة الحديثة ولم يقتضِ منا أي شيء كي يعيش سوى غيابنا.

وهكذا، فإن ما هو معروف عن الدودو هو الآتي: عاش في موريتيوس، وكان ممتلئاً ولكنه ليس طيب المذاق، وكان العضو الأكبر في عائلة الحمام، غير أن وزنه لم يسجل أبداً. تظهر التقديرات الاستقرائية من «الشظايا العظمية» لستريكلاند وبقايا آشميلون المتواضعة أن طوله كان أكثر من قدمين ونصف بقليل من قمة المنقار إلى المؤخِّرة. وكونه لا يطير، كان يعشش على الأرض تاركاً بيضه وفراخه فرائس سهلة للخنازير والكلاب والقردة التي يحضرها الأجانب إلى الجزيرة. ربما انقرض طائر الدودو عام 1683 ومن المؤكد أنه انتهى عام 1693. بعد ذلك لا نعرف تقريباً أي شيء عن عاداته التناسلية وغذائه، أين انتشر، وأي صوت يصدره في الهدوء أو الذعر. لا نملك إلا بيضة دودو وحيدة.

إن ما نعرفه عن طيور الدودو هو أن حياتها استمرت سبعين سنة فحسب. وهذه مدة قصيرة جداً. هذا يدفعنا إلى القول - عند هذه النقطة في تاريخنا -:

إننا قمنا طوال آلاف الأعوام بعمليات الاستئصال التي تؤدي إلى الانقراضات. لا أحد يعرف تماماً كم هم البشر مدمِّرون، وفي الخمسين ألف سنة الأخيرة، كانت الحيوانات تتلاشى وبأعداد مفاجئة في غالب الأحيان في الأمكنة كلها.

ففي أمريكة، اختفى ثلاثون جنساً من الحيوانات الكبيرة بعضها ضخم بالفعل بعد وصول البشر الحديثين إلى القارة منذ 10 آلاف أو 20 ألف سنة. وفقدت كل من أمريكة الشمالية وأمريكة الجنوبية ثلاثة أرباع حيواناتهما الكبيرة تقريباً، حالما وصل الإنسان الصياد برماحه ذات الرؤوس الصوانية، وقدراته التنظيمية الذكية. أما أوروبة وآسية، حيث أمضت الحيوانات مدة أطول؛ كي تطوّر حذراً من البشر، فقد فقدتا من ثلث إلى نصف حيواناتهما الكبيرة. و فقدت أسترالية 95% منها لأسباب أخرى.

كان الصيادون الأوائل قليلي العدد نسبياً، وكان عدد الحيوانات كبيراً جداً يُعتقد أن جثث عشرة ملايين ماموث تستلقي مجمّدة في السهل السيبيري الأجرد وحده، وهذا ما دفع بعض العلماء إلى الاعتقاد بأنه يجب أن تكون هناك شروح أخرى، ربما تشتمل على التغيّر المناخي أو أنواع ما من الجوائح. وكما عبّر عن الأمر روس مكفي من المتحف الأميركي للعلم الطبيعي: «ليس هناك فائدة مادية من اصطياد الحيوانات الخطرة وليس هناك كثير من قطع لحم الماموث التي تستطيع أكلها». يعتقد آخرون أنه يمكن أن يكون سهلاً على نحو إجرامي اصطياد الفريسة وسحقها. يقول تيم فلانيري: «ربما لم تكن الحيوانات في أسترالية وأمريكة تعرف ما يكفي كي تهرب».

كانت بعض الحيوانات التي فُقدت كبيرة بشكل هائل، ولو كانت موجودة لاحتجنا إلى طريقة للتعامل معها. تخيل حيوان الكسلان الأرضي الذي يستطيع أن ينظر عبر نافذة الطابق العلوي، سلاحف بحجم سيارة فيات تقريباً، وعظاءات تتشمس إلى جانب الطرق الصحراوية السريعة في غرب أسترالية. للأسف، تلاشت، ونحن نعيش على كوكب يشهد انقراضاً متزايداً لهذه الأنواع. واليوم،

لا يوجد في أنحاء العالم كله إلا أربعة أنواع من الحيوانات الأرضية الثقيلة (طن أو أكثر): الفيل، والكركدّن، وفرس النهر والزرافة. ولم يحدث طوال عشرات الملايين من السنين أن صارت الحياة على الأرض متناقصة ومحدودة.

إن السؤال الذي يطرح نفسه هو إن كانت انقراضات العصر الحجري وانقراضات الأزمنة الأحدث جزءاً من حدث انقراضي واحد،أو إن كان البشر يشكلون أنباء سيئة للكائنات الحية الأخرى؟ إن الاحتمال المحزن هو أننا يمكن أن نكون هكذا. فبحسب عالم الإحاثة في جامعة شيكاغو ديفد روب، إن نسبة الانقراض على الأرض في أثناء التاريخ البيولوجي كانت فقدان نوع واحد كل أربع سنوات. قال رتشارد ليكي وروجر لوين في كتاب الانقراض السادس: إن الانقراض الذي يسببه البشر الآن يسبق ذلك المستوى بمئة وعشرين ألف مرة.

في منتصف التسعينيات، صُعق عالم الطبيعة الأسترالي تيم فلانيري، الذي يرأس الآن المتحف الأسترالي الجنوبي في أدليد، من محدودية معرفتنا عن انقراضات كثيرة، بما فيها انقراضات حديثة نسبياً. «أينما نظرت يبدو أن هناك فجوات في السجلات، وقطعاً مفقودة، كما هو الأمر مع الدودو، أو غير مسجّلة على الإطلاق»، هذا ما قاله لي في ملبورن في أوائل عام 2002.

طوّع فلانيري صديقه بيتر تشاوتن Peter Schouten وهو فنان وزميل أسترالي، وانطلقا معاً في بحث استحواذي قليلاً؛ كي يبحثا في المجموعات الرئيسة في العالم للعثور على ما هو مفقود، وما هو متبقٍ، وما لم يكن معروفاً على الإطلاق. أمضيا أربع سنوات وهما يبحثان عبر الجلود القديمة والعينات المتعفنة والرسوم القديمة والوصف المدون وكل ما كان متاحاً. وضع تشاوتن رسوماً مطابقة واقعية للحيوانات جميعها التي استطاعا إعادة تصويرها، وكتب فلانيري الكلمات. كانت النتيجة كتاباً فائقاً للعادة بعنوان «فجوة في الطبيعة»، يشكل الدليل الأكمل والأكثر تأثيراً عن انقراضات الحيوانات في الأعوام الثلاث مئة الماضية.

كانت السجلات جيدة لبعض الحيوانات ولكن لم يفعل أحد أي شيء بها، أحياناً لسنوات عدة، وأحياناً إلى الأبد. إن بقرة البحر التي اكتشفها ستيلار، وهي كائن يشبه الفقمة من فصيلة الأطَوم، كانت واحدة من آخر الحيوانات الكبيرة التي انقرضت. كانت ضخمة في الواقع، فالبالغ منها يمكن أن يبلغ طوله 9 أمتار، ويزن 10 أطنان ولكننا لا نعرفها إلا، لأن بعثة روسية عام 1741 صادف أن غرقت سفينتها في المكان الوحيد الذي كانت تعيش فيه هذه الحيوانات، وهي جزر كوماندر البعيدة الضبابية في بحر بيرنغ.

ولحسن الحظ كان في الحملة عالم طبيعة يدعى جورج ستيلر سحره الحيوان. يقول فلانيري: «بدأ بوضع الملاحظات الوصفية الدقيقة له وقاس قطر شعره. كان الشيء الوحيد الذي لم يصفه هو عضو الذكر، بالرغم من أنه كان سعيداً بما يكفي كي يصف عضو المرأة. حتى إنه أخذ قطعة من الجلد، وهكذا فإننا نمتلك فكرة جيدة عن نسيجه. ولكن لم نكن دوماً محظوظين هكذا».

إن الشيء الوحيد الذي لم يستطع أن يفعله ستيلر هو إنقاذ بقرة البحر نفسها. فأبقار البحر التي اصطيدت سابقاً إلى درجة الانقراض اختفت بعد 27 سنة من اكتشاف ستيلر لها. إن كثيراً من الحيوانات الأخرى لم يتم إدراجها؛ لأنها مجهولة: الفأر الوثاب في دارلنغ داون، التمّ في جزر تشاسام، طائر المرعة الذي لا يطير في جزيرة أسنشن، على الأقل خمسة أنواع من السلاحف الضخمة، وأخرى كثيرة ضاعت إلى الأبد بالنسبة لنا ولم يبقَ إلا أسماؤها.

اكتشف فلانيري وتشاوتن أن كمية كبيرة من الانقراض لم تكن قاسية أو عابثة، وإنما ناجمة عن الحمق. ففي 1894 حين بُنيت منارة على صخرة منعزلة تُدعى جزيرة ستيفن في المضيق العاصف بين الجزر الشمالية والجنوبية في أيرلندة، كانت قطة حارس المنارة تحضر عصافير صغيرة غريبة اصطادتها. أرسل الحارس عينات إلى متحف ولنغتون. وهناك أثير مدير المتحف كثيراً؛ لأن الطائر كان نوعاً نادراً من طيور الصّعو غير الطائرة والمغردة، التي لم يسبق أن

عثر عليها في أي مكان. انطلق إلى الجزيرة على الفور، ولكن في الوقت الذي وصل فيه كانت القطة قد قتلت العصافير كلها. وكل ما تبقى الآن من طيور جزيرة ستيفن اثنا عشر طائراً محنطاً.

على الأقل لدينا هذه. وفي غالب الأحيان، لسنا أفضل في العناية بالأنواع بعد أن تلاشت مما كنا قبل أن تنقرض. خذ مثال ببغاء كارولينا متعدد الألوان، بلونه الزمردي الأخضر، ورأسه الذهبي الذي كان أجمل طائر في أمريكة الشمالية، فالببغاوات لا تغامر عادة بالذهاب بعيداً إلى الشمال، كما يمكن أن تلاحظوا عاش في أعداد كبيرة، لم تتجاوزها إلا الحمامة المهاجرة. ولكن ببغاء كارولينا عدّ آفة من قبل المزارعين ويمكن اصطياده بسهولة؛ لأنه لا يطير بشكل متماسك ومن عادته أن يهرب حين يسمع صوت طلقة البندقية، ثم يعود بسرعة؛ كي يفحص الرفاق الساقطين.

وصف تشارلز ولسون بيل في كتابه الكلاسيكي «طيور أمريكة» الذي كُتب في أوائل القرن التاسع عشر، مناسبة قام فيها بشكل متكرر بإطلاق النار في الشجرة التي تأوي إليها:

«لدى كل طلقة كان يسقط عدد كبير من الطيور، وبالرغم من ذلك كانت عاطفة الناجين تزداد؛ ذلك أنه بعد بضع دورات حول المكان كانت تحط قربي مرة ثانية، وتنظر إلى زملائها المقتولين بأعراض جلية من التعاطف والقلق، مما جردني من سلاحي بالكامل».

في العقد الثاني من القرن العشرين تم اصطياد الطيور بشكل لا يلين، بحيث إنّ بعضها بقي حياً في الأسر فحسب. وكان آخرها الذي يدعى آنكا قد نفق في حديقة حيوانات سنسناتي عام 1918 (ولم يكن قد مرَّ أربع سنوات على نفوق الحمامة المهاجرة في الحديقة نفسها) وتم تحنيطه باحترام. وإلى أين ستذهب الآن كي تشاهد الآنكا المسكين؟ لا أحد يعرف. لقد فقدته الحديقة.

إن ما هو مخادع ومحيّر في القصة أعلاه هو أن بول كان محباً للطيور، ومع ذلك لم يتردد في قتلها بأعداد كبيرة دون أي سبب سوى أن ذلك يمتعه. وإنه لمن المذهل حقاً أنه لوقت طويل جداً، كان الناس المهتمون أكثر بأشياء العالم الحية هم الذين يدفعونها إلى الانقراض.

لم يمثل أحد هذا الموقف على وزن كبير سوى لوينيل والتر روتشيلد، البارون روتشيلد الثاني، سليل العائلة المصرفية الكبيرة، الذي كان شخصاً غريباً انعزالياً. عاش حياته كلها من 1868 إلى 1937 في جناح الحضانة في منزله في ترينغ، في بكنغهمشير، يستخدم أثاث طفولته، وينام في سرير طفولته، بالرغم من أن وزنه صار 135 كيلوغراماً.

كان مولعاً بالتاريخ الطبيعي وصار جامعاً مخلصاً للأشياء. كان يرسل حشوداً من الرجال المدرّبين أحياناً 400 في المرة الواحدة إلى زوايا الكوكب جميعها؛ كي يتسلقوا الجبال، ويشقوا طريقهم عبر الأدغال؛ بحثاً عن العيّنات، خاصةً، الأشياء التي تطير. كانت توضع في صناديق وعلب وتُرسل إلى عزبة روتشيلد في ترينغ، حيث يبدون هو، وكتيبة من مساعديه ويحللون كل ما يأتي إليهم، منتجين جدولاً متدفقاً من الكتب والأبحاث والدراسات، التي بلغ عددها 1200. وعالج معمل التاريخ الطبيعي الخاص بروتشيلد أكثر من مليوني عيّنة وأضاف خمسة آلاف نوع من الكائنات إلى الأرشيف العلمي.

من اللافت أن جهود روتشيلد في الجمع لم تكن الأكثر شمولاً أو تلك التي مُوِّلت بكرم أكبر في القرن التاسع عشر. فاللقب ينتمي بالتأكيد إلى جامع بريطاني أقدم بقليل وثري أيضاً يدعى هيو كمينغ، صار منهمكاً بجمع الأشياء، بحيث إنّه بنى سفينة كبيرة لارتياد المحيط ووظف طاقماً، كي يبحر حول العالم لالتقاط كل ما يعثر عليه من الطيور والنباتات والحيوانات من الأنواع جميعها، خاصة الأصداف. كانت مجموعته التي لا تُضاهى من البرنقيل هي التي وصلت إلى دارون وخدمت كأساس لدراسته الرشيمية.

على أي حال، كان روتشيلد الجامع الأكثر علمية في عصره، بالرغم من أنه كان أيضاً الأكثر إهلاكاً بشكل يسبب الأسى، ذلك أنه في تسعينيات القرن التاسع عشر صار مهتماً بهاواي، التي ربما هي أكثر بيئة معرضة للخطر على الأرض بسبب إغرائها. سمحت ملايين سنوات العزلة لهاواي أن تطور 8800 نوع فريد من الحيوانات والنباتات. ما كان يهم روتشيلد هو طيور الجزيرة الملونة والمميزة التي كانت في الغالب تتألف من أعداد صغيرة جداً، تسكن سلاسل محددة جداً.

إن مأساة كثير من طيور هاواي هي أنها لم تكن مميزة، ومرغوبة ونادرة فحسب ومزيج خطر في أفضل الظروف، ولكن كان من السهل اصطيادها بشكل يحطم القلب. إن طيور البرقش الكبيرة، وهي عدد من الطيور غير الضارة كانت تحط بخجل في ظلال أشجار الكوا Koa، ولكن حين يقلد أحد غناءها فإنها تهجر مخبأها في الحال وتطير في عرض جميل. تلاشت آخر الأنواع عام 1896 بعد أن قتلها صياد روتشيلد الممتاز هاري بالمر، بعد خمس سنوات من اختفاء أبناء عمومتها طيور البرقش الأصغر، وهي من الطيور النادرة، بحيث إنّه لم يُر منها إلا واحد: ذلك الذي اصطيد لمجموعة روتشيلد. وفي أثناء عملية الجمع التي قام بها روتشيلد، التي استمرت عقداً، تلاشت تسعة أنواع من طيور هاواي، وربما أكثر.

لم يكن روتشيلد وحيداً في هذا الولع باصطياد الطيور مهما كانت الكلفة. كان هناك آخرون أكثر وحشية. ففي 1907 حين أدرك جامع مشهور يدعى ألانسون بريان أنه قتل العينات الثلاث الأخيرة من طيور المامو السوداء black mamo، وهي من طيور الغابة اكتشفت العقد الماضي فحسب، قال: إن هذا النبأ أمتعه كثيراً.

كان هذا عصراً من الصعب سبره. كانت الحيوانات جميعها تُضطهد إذا عُدّت متطفلة قليلاً. ففي 1890 دفعت ولاية نيويورك مئة منحة مالية من أجل أسود الجبال الشرقية، بالرغم من أنه كان من الواضح أن المخلوقات التي اعتدي عليها كثيراً كانت على حافة الانقراض. وحتى الأربعينيات واصلت كثير من الولايات دفع المنح المالية من أجل أي نوع من الحيوانات الضارية. وقد منحت ويست فرجينية

منحـة كلية سنوية لكل من يُحضر العدد الأكبر من الحيوانات المؤذية، وكانت هذه تعني الحيوانات جميعها التي لا تُربّى في المزارع أو يحتفظ بها لأنها أليفة.

ربمـا لا شيء يعـبر بحيوية عن غرابـة الأزمنة أكثر من مصـير مغنّي باكمان الشادي، وهو طائر أصله من جنوب الولايات المتحدة ويشتهر بأغنيته الجميلة غير العاديـة، ولكن عدده - الذي لم يكن كبيراً أبـداً - انحدر بالتدريج إلى أن تلاشى في الثلاثينيـات ولم يُـرَ سنين كثيرة. ثـم في 1939 وبمصادفة سعيدة عثر رجلان متحمسـان للطيور في منطقتين تفصل بينهما مسافـة كبيرة على طائرين ناجيين منها بفاصل يومين. وأطلق كلاهما النار على الطائرين.

لم يكن دافع الاستئصال مقتصراً على أمريكة. ففي أسترالية، قدمت المنح من أجـل الذئب التَّسماني، وهو حيوان يشبه الكلـب عليه تخطيطات تشبه تخطيطات النمـر، قبـل وقت قصير من نفوق آخر واحد منهـا، مهجوراً وبلا اسم، في حديقة حيوان هوبارت في عام 1936. اذهب إلى متحف تسامانيان اليوم واطلب رؤية آخر حيوان من هذا النوع: الحيوان الجرابي الوحيد اللاحم والضخم الذي عاش حتى الأزمنـة الحديثـة، وكل ما يستطيعـون تقديمه لك هو صـور و61 ثانية من مشهد سينمائي قديم. وحينما نفق، رُمي آخر ذئب تسماني مع القمامة الأسبوعية.



• الهوامش •

• الفصل الأول: كيف نبني كوناً

ص 27 البروتونات صغيرة جداً: Bodanis, E=mc², p.111.

ص 27 والآن ضعه في ذلك المكان الصغير جداً:

Guth, The Inflationary Universe, p.254

ص 28 يبدو أن الإجماع يتحرك نحو رقم هو نحو 13.7 بليون عام: نيويورك تايمز، «الكون يتوضع من أجل صورة مبكرة، يتخلى عن الأسرار»:

12 Feb. 2003, p.1, US News and World Report ‘ How old is the Universe?’ 18-25 Aug.1997, pp.34-6.

ص 28 جاءت اللحظة التي عرفها العلم باسم t = 0:

Guth, The Inflationary Universe, p.86.

ص 29 صعدا إلى الطبق اللاقط مرة ثانية بمكانس وفراشي ونظفاه:

Lawrence M. Krauss, Rediscovering Creation, in shore (ed) Mysteries of Life and the Universe, p.50.

ص 30 أداة يمكن أن تقوم بالعمل: the Bell antenna :30 an instrument that might do the job .p ,Lonely Hearts of the Cosmos .153.

ص 28 عثرا على حافة الكون: Scientific American .pp ,2001 .an],`Echoes from the Big Bang` .38-43The.

ص 30 لقد وسع اكتشاف بنزياس وولسون معرفتنا بالمرئي:

Guth, The Inflationary Universe, p.101.

ص 31 ترى نحو 1% من الثبات الراقص: Gribbin, In the Beginning, p. 18.

ص 31 «هذه قريبة جداً إلى المسائل الدينية»: New York Times, ‘Before the Big Bang, There Was. ..What?’, 22 May 2001, p. Fl.

ص 32 أو جزء من 10 ملايين ترليون ترليون من الترليون: Alan Lightman, ‘First Birth’, in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, p. 13.

ص 32 كان في الثانية والثلاثين من عمره، وباعترافه هو، لم يحدث أبداً: Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 216.

ص 32 ألهمت المحاضرة جوث كي يهتم: Guth, The Inflationary Universe, p. 89.

ص 32 يتضاعف بالحجم كل 10-34 ثانية:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 242.

ص 32 غيرت الكون من شيء تستطيع إمساكه في يدك إلى شيء أكبر

بـ 10,000,000,000,000,000,000,000,000:

New Scientist, ‘The First Split Second’, 31 March 2001, pp. 27-30.

ص 33 موزع بشكل تام من أجل خلق النجوم، والمجرات وأنظمة أخرى معقّدة، ساينتفيك أمريكان، «النجوم الأولى في الكون»، كانون الأول 2001، ص 64 71؛ نيويورك تايمز، «أصغ بدقة:

From Tiny Hum Came Big Bang’, 30 April 2001, p. 1.

ص 34 «أكد تريون أنه لا أحد أحصى المحاولات الخائبة:

quoted by Guth, The Inflationary Universe, p.14.

ص 34 يقوم بتناظر مع مخزن ثياب ضخم جداً:

Discover, ‘Why Is There Life?’, Nov. 2000, p.66.

ص 34 بالتعديل الأقل للأرقام الكون: Rees,Just Six Numbers, p. 147.

ص 34 على المدى الطويل، يمكن أن يتكشف أن الجاذبية قوية جداً قليلاً:

Financial Times, ‘Riddle of the Flat Universe’, 1-2 July 2000; Economist, ‘The World is Flat after All’, 20.

ص 36 المجرات تبتعد عن بعضها: Weinberg, Dreams of a Final Theory, p. 26.

ص 36 يفترض العلماء فحسب أننا لا نستطيع في الواقع أن نكون المركز:

Hawking, A Brief History of Time, p. 47.

ص 37 هذا الكون المرئي الكون الذي نعرفه ونستطيع التحدث عنه:

Hawking, A Brief History of Time, p. 13.

ص 37 عدد الأعوام الضوئية إلى حافة هذا الكون الأضخم غير المرئي:

Rees,just Six Numbers, p. 147.

• الفصل الثاني: أهلاً بكم في المنظومة الشمسية

ص 39 من خفقان وتذبذب أصغر النجوم:

New Yorker, 'Among Planets', 9 Dec. 1996, p. 84.

ص 39 «أقل من طاقة ندفة ثلج تضرب الأرض»: Sagan, Cosmos, p. 261.

ص 39 في صيف ذلك العام، عالم فلك شاب يُدعى جيمس كريستي:

US Naval Observatory press release,

'20th Anniversary of the Discovery of Pluto's Moon Charon', 22 June 1998.

ص 39 كان بلوتو أصغر مما افترض الجميع:

Atlantic Monthly, 'When Is a Planet Not ~ Planet?', Feb.

1998, pp. 22-34.

ص 40 كما عبّر عالم الفلك كلارك تشابمان:

quoted on PHS Nova, 'Doomsday Asteroid', first broadcast

29 April 1997.

ص 40 استغرق الأمر سبع سنوات لأي شخص لرؤية القمر مرة ثانية:

US Naval Observatory press release, '20th Anniversary of the Discovery of Pluto's Moon Charon', 22 June 1998.

ص 41 بعد بحث صبور مدة سنة رأى نوعاً ما بلوتو:

Tombaugh paper, 'The Struggles to Find the

Ninth Planet', from NASA website.

ص 42 واصل بضعة علماء فلك الاعتقاد أنه يمكن أن يكون هناك الكوكب إكس:

Economist, 'X marks the spot', 16 Oct. 1999, p. 83.

ص 42 حزام كيبر ابتكره نظرياً عالم فلك اسمه ف. سي. ليونارد عام 1930:

Nature, 'Almost. Planet X', 24 May 2001, p. 423.

ص 43 فقط في 11 شباط 1999 عاد بلوتو إلى المجاز الخارجي:

Economist, 'Pluto Out in the Cold,' 6 Feb.1999, p. 85.

ص 43 في بداية كانون الأول 2002 عثر على أكثر من ست مئة جرم إضافي عابر لنبتون: Nature,'Seeing Double in the Kuiper Belt', 12 Dec. 2002, p.618.

ص 43 مثل قطعة من الفحم:

Nature, 'Almost Planet X', 24 May 2001, p. 423.

ص 44 الآن يطير مبتعداً عنا بسرعة 56,000 كيلومتر في الساعة تقريباً:

PBS NewsHour transcript, 20 Aug. 2002.

ص 44 ولكن كل المادة المرئية فيه... تملأ ليس أقل من جزء من ترليون من الفراغ المتاح:

Natural History, 'Between the Planets', Oct. 2001, p. 20.

ص 45 العدد الكلي الآن هو على الأقل تسعون:

New Scientist, 'Many Moons', 17 March 2001, p. 39; Economist, 'A Roadmap for Planet-Hunting', 8 Apri12000, p. 87.

ص 46 لن نصل إلى سحابة أورت حتى عشرة آلاف عام آخر:

Sagan and Druyan, Comet, p. 198.

ص 46 وربما يؤدي إلى موت الطاقم:

New Yorker, 'Medicine on Mars', 14 Feb. 2000, p. 39.

ص 47 وهكذا تندفع الشهب بطريقة مهيبة بسرعة 220 ميلاً في الساعة:

Sagan and Druyan, Comet, p.195.

ص 47 إن الفراغ الأكمل الذي سبق وخلقه البشر ليس فارغاً كالفراغ الواقع بين النجوم: Ball, H20, p. 15

ص 47 جارنا الأقرب في الكون، قنطورس القريب Proxima Centauri:
Guth, The Inflationary Universe, p. 1; Hawking,
A Brief History of Time, p. 39.

ص 48 المسافة المتوسطة بين النجوم: Dyson, Disturbing the Universe, p. 251

ص 49 «لو أننا أُقحمنا في الكون عشوائياً»، كتب ساغان: Sagan, Cosmos, p. 5

• الفصل الثالث: كون الموقر إيفانز

ص 51 يطلق في لحظة ما يعادل طاقة 100 بليون شمس:

Ferris, The Whole Shebang, p. 37.

ص 52 «مثل ترليون قنبلة هيدروجينية ينفجرن سوية»:

Robert Evans, interviewed Hazelbrook, Australia, 2 Sept. 2001.

ص 52 يخصص له نصاً في فصل عن العلماء المتوحّدين:

Sacks, An Anthropologist on Mars, p. 189.

ص 53 «مهرج مزعج»: Thorne, Black Holes and Time Watps, p. 164

ص 54 رفض أن يُترك وحيداً معه: Ferris, The Whole Shebang, p. 125

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 18.

ص 54 إن الذرات ستسحق في الواقع سوية:

Nature, 'Twinkle, Twinkle, Neutron Star', 7 Nov. 2002, p. 31.

ص 54 ما يكفي لإحداث أكبر انفجار في الكون:

Thorne, Black Holes and Time Watps, p. 171.

ص 54 لم يصادق عليه بعد:

Thorne, Black Holes and Time Watps, p.174.

ص 54 «أحد أكثر الوثائق علماً بالغيب في تاريخ الفيزياء وعلم الفلك»:

Thorne, Black Holes and Time Watps, p. 174.

ص 54 «لم يفهم قوانين الفيزياء»:

Thorne, Black Holes and Time Watps, p. 175.

ص 55 لن يشد انتباهاً جدياً لأربعة عقود تقريباً:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 18;

ص 55 نحو ستة آلاف نجم مرئية للعين المجردة:

Harrison, Darkness at Night, p. 3.

ص 58 في عام 1987 انطلق سول بيرلمتر للعثور على مزيد من مناهج البحث عنها:

BBC Horizon documentary, 'From Here to Infinity', transcript of programme first broadcast 28 Feb. 1999.

ص 59 «إن أخبار حدث كهذا تسافر بسرعة الضوء، وكذلك الدمار»:

interview with John Thorstensen, Hanover, NH, 5 Dec. 2001.

ص 60 فقط ستاً من المرات في التاريخ المدون كان المستشعر الفائق (السوبرنوفا) قريباً بما يكفي كي يكون مرئياً للعين المجردة:

Note from Evans, 3 Dec. 2002.

ص 60 «عالم كون ومجادل»:

Nature, 'Fred Hoyle (1915-2001)', 17 Sept. 2001, p. 270.

ص 61 طور البشر أنوفاً ناتئة كطريقة لمنع البكتيريا الكونية من الدخول فيها:

Gribbin and Cherfas, The First Chimpanzee, p. 190.

ص 61 باستمرار يخلق المادة فيما هو يتقدم:

Rees,Just Six Numbers, p. 75.

ص 62 في 200 مليون عام فقط، وربما أقل:

Stevens, The Change in the Weather, p. 6.

ص 62 معظم المادة القمرية - كما يُعتقد - جاءت من قشرة الأرض، وليس من لبها:

New Sdentist supplement, 'Firebirth', 7 Aug. 1999, n.p.

ص 62 في الحقيقة اقترحت في البداية في الأربعينيات من قبل رجينالد دالي من هارفارد:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, p.38.

ص 63 يمكن أن تتجمد الأرض بشكل مستمر:

Drury, Stepping Stones, p. 144.

- **الفصل الرابع: قياس الأشياء**

ص 69 في مجرى مهنة طويلة ومنتجة: Sagan, Comet, p. 52.

ص 69 «منحنى محدد ودقيق جداً»: Feynman, Six Easy Pieces, p. 90.

ص 69 هوك... زعم أنه حل المشكلة: Gjertsen, The Classics of Science, p. 219.

ص 70 وحكها دائرياً «بين عيني والعظم»:

quoted by Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p.106.

ص 70 ثم لم يخبر أحداً عنها مدة 27 سنة: Durant, The Age of Louis .xIV, p. 538.

ص 72 حتى عالم الرياضيات الألماني العظيم جوتفريد فون لايبنتز:

Durant, The Age of Louis .xIV, p. 546.

ص 72 «أحد أقل الكتب توافراً»: Cropper, Great Physicists, p. 31

ص 73 متناسب مع كتلة كل منها ويتنوع بشكل معكوس كمربع المسافة بينهما»:

Feynman, Six Easy Pieces, p. 69.

ص 74 وكما درجت العادة لدى نيوتن لم يسهم بأي شيء:

Calder, The Comet Is Coming!, p. 39.

ص 74 دُفع له بدلاً من ذلك نسخ من كتاب تاريخ الأسماك:

Jardine, Ingenious Pursuits, p. 36.

ص 75 إلى «مقدار ضئيل»: Wilford, The Mapmakers, p.98

ص 77 كانت الأرض أكبر بثلاثة وأربعين كيلومتراً حين قيست من القمة إلى القاع حول القطبين:

Asimov, Exploring the Earth and the Cosmos, p. 86.

ص 79 كان غيوم لو جنتيل أقل حظاً:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p. 134.

ص 80 ماسون ودكسون أرسلا رسالة إلى الجمعية الملكية:

Jardine, Ingenious Pursuits, p. 141.

ص 82 «قيل: إنه ولد في منجم للفحم الحجري»:

Dictionary of National Biography, vol. 12, p. 1302.

ص 82 نعرف أنه في عام 1772:

American Heritage, 'Mason and Dixon: Their Line and its Legend', Feb. 1964, pp. 23-9.

ص 83 من أجل الملاءمة، افترض هتون:

Jungnickel and McCormmach, Cavendish, p. 449.

ص 83 لجأ إلى ميتشل؛ كي يأخذ التعليمات من أجل صناعة التلسكوبات:

Calder, The Comet Is Coming!, p. 71.

ص 84 «إلى درجة تتاخم المرض»:

Jungnickel and McConnmach, Cavendish, p. 306.

ص 84 «يتحدث كأنما في فراغ»:

Jungnickel and McConnmach, Cavendish, p. 305.

ص 86 أشار أيضاً إلى «عمل كيلفن وج.إتش. دارون حول التأثير الاحتكاكي للمد والجزر»:

Crowther, Scientists of the Industrial Revolution, pp. 214-15.

ص 86 في قلب الآلة كان هناك كرتان من الرصاص تزنان 350 رطلاً:

Dictionary oj National Biography, vol. 3, p.1261.

ص 87 ستة بلايين ترليون طن متري:

Economist, 'G Whiz', 6 May 2000, p. 82.

• الفصل الخامس: كسّارو الأحجار

ص 89 كان هتون بحسب كل الروايات رجلاً بذكاء حاد وحيوياً في المحادثة:

Dictionary of National Biography, vol. 10, pp.354-6.

ص 89 «لا يتمتع بموهبة لغوية»:

Dean, James Hutton and the History of Geology, p. 18.

ص 90 صار عضواً بارزاً في جمعية دعيت أويستر كلب:

McPhee, Basin and Range, p. 99.

ص 92 اقتباسات من مصادر فرنسية، لا تزال في الأصل الفرنسي:

Gould, Time's A"ow, p. 66.

ص 92 مجلد آخر لم يكن مثيراً لم يُنشر حتى عام 1899:

Oldroyd, Thinking About the Earth, pp. 96-7.

ص 92 حتى تشارلز ليل... لم يستطع قبولها:

Schneer (ed.), Toward a History of Geology, p. 128.

ص 93 في شتاء 1807:

Geological Society papers, A Brief History of the Geological Sodety of London.

ص 93 كان الأعضاء يجتمعون مرتين في الشهر من تشرين الثاني حتى حزيران:

Rudwick, The Great Devonian Controversy,

ص 93 كما سلّم مرة داعم لمرتشيسون:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 28.

ص 94 في عام 1794 مؤامرة تبدو جنونية قليلاً:

Cadbury, Tem'ble Lizard, p. 39.

ص 95 عُرف منذ ذلك الوقت باسم مرض باركنسون:

Dictionary of National Biography, vol. 15, pp. 314-15.

ص 95 لأن أمه أقنعت أن الأسكتلنديين كانوا سكارى طائشين:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p.26.

ص 96 مرة وجدت السيدة بكلاند نفسها وقد استيقظت مهتزة:

Annan, The Dons, p. 27.

ص 96 خصوصيته الأخرى الضئيلة:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 30.

ص 97 غالباً حين يشرد مفكراً:

Desmond and Moore, Danvin, p. 202.

ص 97 ولكن كان ليل هو الذي قرأه معظم الناس:

Schneer (ed.), Toward a History of Geology, p. 139.

ص 97 «ودعا إلى رزمة جديدة»: Clark, The Huxleys, p.48.

ص 97 «لم يكن هناك دوغما أبداً حُسبت أكثر من هذا لتشجيع الكسل»:

quoted in Gould, Dinosaur in a Haystack, p.167.

ص 98 فشل أن يشرح كيف تشكلت سلاسل الجبال:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 135.

ص 98 «تبريد الكرة الأرضية»: Gould, Ever since Danvin, p. 151.

ص 98 رفض فكرة أن الحيوانات والنباتات عانت من عمليات إبادة مفاجئة:

Stanley, Extinction, p. 5.

ص 98 «رآها بشكل جزئي بعينيه»:

quoted in Schneer (ed.), Toward a History of Geology, p. 288.

ص 99 «دي لا بيش كلب قذر»:

quoted in Rudwick, The Great Devonian Controversy, p. 194.

ص 99 باسم متغطرس هو (ج.ج. دي أوماليوس دي هالوي):

McPhee, In Suspect Teffain, p. 190.

ص 100 نوى ليل بالأصل أن يستخدم «متزامن» للواحقه:

Gjertsen, The Classics of Science, p.305.

ص 101 عدد هذه «عشرات الدزينات»:

McPhee, In Suspect Te"ain, p. 50.

ص 101 تُقسم الصخور إلى وحدات مستقلة تماماً:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, p. 200.

ص 102 «لقد رأيت رجالاً ناضجين يتوهجون من الغضب»:

Fortey, Trilobite!, p. 238.

ص 102 حين تأمّل بكلاند: Cadbury, Terrible Lizard, p. 149.

ص 103 في مكان ما بين 75,000 و168,000 سنة:

Hallam, Great Geological Controversies, p.105 and Ferris, Coming of Age in the Milky Way, pp. 246-7.

ص 103 أعلن دارون أن العمليات الجيولوجية التي أنشأت الويلد:

Gjertsen, The Classics of Science, p. 335 Cropper, Great Physidsts, p. 78.

ص 104 وكتب (بالإنكليزية والفرنسية) عشرات من الأوراق في الرياضيات البحتة والتطبيقية تتمتع بأصالة عظيمة، بحيث كان عليه أن ينشرها دون أن يذكر اسمه: Cropper, Great Physidsts, p. 79.

104 عاد في سن الثانية والعشرين إلى جلاسكو:

Dictionary of National Biography, Supplement 1901-1911. p.508.

• الفصل السادس: التنافس العلمي العنيف

ص 107 الذي وصفه في اجتماع للجمعية الفلسفية الأمريكية:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 4.

ص 107 كان سبب هذا الزبد التأكيد الغريب من قبل كونت دي بفون:

Kastner, A Species of Eternity,p. 123.

ص 108 هولندي يُدعى كورنيل دي بو: Kasmer, A Species of Eternity, p. 124

ص 109 كتب كوفييه ورقة مهمة، ملحوظة عن نوع الفيلة الحية والمستحاثية:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 15.

ص 110 لم يستطع جفرسون تقبل الفكرة بأن كل الأنواع سيسمح لها بالانقراض:

Simpson, Fossils and the History of Life, p. 7.

ص 110 في مساء الخامس من كانون الثاني عام 1796 كان يجلس في نزل متنقّل في سومرست: Harrington, Dance of the Continents, p. 175

ص 111 «إن لماذا وممَّ لا يمكن أن تأتي في منطقة ماسح المعادن»:

Lewis, The Dating Game, pp. 17-18.

ص 111 حل كوفييه تلك المسألة بطريقة ترضيه:

Barber, The Heyday of Natural History, p. 217.

ص 111 في عام 1806 مرت بعثة لويس وكلارك في تشكّل هيل كريك:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 5.

ص 112 يعتقد بشكل شائع أنها مصدر المعاظلة:

Cadbury, Terrible Lizard, p. 3.

ص 113 إن البلصور وحده استغرق معها عشر سنوات من التنقيب الصبور:

Barber, The Heyday of Natural History, p. 127.

ص 114 اقترح الاسم على بكلاند صديقه الدكتور باركنسون:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 31.

ص 115 أُجبر في النهاية على بيع معظم مجموعته؛ كي يفي بديونه:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 34.

ص 115 حديقة الملاهي الأولى في العالم: Fortey, Life, p. 214.

ص 116 استعار أحياناً الأعضاء وأجزاء أخرى بشكل غير قانوني:

Cadbury, Terrible Lizard, p. 133.

ص 117 مرةً عادت زوجته إلى المنزل، فعثرت على كركدنات نافقة حديثاً تملأ المدخل الأمامي: Cadbury, Terrible Lizard, p. 200.

ص 117 بعضها لم يكن أكبر من الأرانب:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 5.

ص 117 إن الشيء الوحيد الذي لم تكنه بشكل مؤكد هو العظاءات:

Bakker, The Dinosaur Heresies, p. 22.

ص 117 تشكّل الديناصورات لا نظاماً واحداً، بل نظامين من الزواحف:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 33.

ص 118 كان الشخص الوحيد الذي كان معروفاً أن تشارلز داروين يكرهه:

Nature, 'Owen's Parthian shot', 12 July 2001, p. 123.

ص 118 «أشار إلى قسوة فؤاد والده التي تلام»:

Cadbury, Terrible Lizard, p. 321.

ص 118 كان هكسلي يتصفّح طبعة جديدة من دليل تشرشل الطبي:

Clark, The Huxleys, p. 45. Cadbury, Terrible Lizard, p.291.

ص 118 «ليس أصيلاً تماماً كما بدا»:

Cadbury, Terrible Lizard, pp. 261-2.

ص 120 صار القوة الدافعة وراء إنشاء متحف التاريخ الطبيعي في لندن:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 30.

ص 120 كانت المتاحف قبل أوين مصممة بشكل رئيس للنخبة:

Thackray and Press, The Natural History Museum, p. 24.

ص 120 اقترح بشكل جذري جداً وضع لصقات عليها معلومات على كل مادة معروضة:

Thackray and Press, The Natural History Museum, p. 98.

ص 121 «تستلقي في كل مكان كزنود الخشب»:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 97.

ص 122 نجح في ربحهم عبر نزع فكه بشكل متكرر واستبداله:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 100.

ص 122 كانت هذه إهانة لم ينسها أبداً:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 73.

ص 122 زاد عدد أنواع الديناصورات المعروفة في أمريكة من 9 إلى 150 تقريباً:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p.93.

ص 122 تقريباً كل ديناصور يستطيع أن يسميه الإنسان العادي:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 90.

ص 123 نجحوا فيما بينهم في «اكتشاف» نوع يُدعى Uintatheres anceps ليس أقل من 22 مرة:

Psihoyos and Knoebber, Hunting Dinosaurs, p. 16.

ص 124 محتها برحمة قنبلة ألمانية في البليتز:

Cadbury, Terrible Lizard, p. 325.

ص 124 أخذ ولده والتر كثيراً منه إلى نيوزلندة:

Newsletter of the Geological Society of New Zealand, 'Gideon Mantell-The New Zealand Connection', April 1992; New Zealand Geographic, 'Holy Incisors! What a Treasure!' April-June 2000, p. 17.

ص 124 من هنا الاسم:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 151.

ص 125 حسب أن عمر الأرض 89 مليون سنة:

Lewis, The Dating Game, p. 37.

ص 125 هكذا كانت الفوضى:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 173.

• الفصل السابع: مسائل عناصرية

ص 127 استطاع جعل نفسه لامرئياً: Ball, H2O, p. 125.

ص 127 أونصة من الفوسفور تباع بسعر 6 جنيهات:

Durant, Age of Louis .xIV, p. 516

ص 128 ولم يحصل على شرف اكتشاف أي منها:

Strathem, Mendeleyev's Dream, p. 193

ص 129 لهذا السبب انتهينا بفرعين من الكيمياء:

Davies, The Fifth Miracle, p. 14.

ص 130 الابنة التي عمرها 14 سنة لأحد رؤسائه:

Brock, The Norton History of Chemistry, p. 92.

ص 130 jour de bonheur:

Gould, Bully for Brontosaurus, p. 366.

ص 130 بمقدرة كهذه في عام 1780 قام لافوازييه ببعض الملاحظات الرافضة:

Brock, The Norton History of Chemistry, pp. 95-6.

ص 130 أخفق في اكتشاف واحد:

Strathern, Mendeleyev's Dream, p. 239.

ص 132 أخذت بعيداً وتم تذويبها إلى نفاية:

Brock, The Norton History of Chemistry, p. 124.

ص 132 «عمل مثير ممتع جداً»:

Cropper, Great Physidsts, p. 139.

ص 132 مسارح رتبت «أمسيات للغاز الضاحك»:

Hamblyn, The Invention of Clouds, p. 76.

ص 132 ما لحظه براون: Silver, The Ascent of Sdence, p.201.

ص 133 «فتور في قضية الحرية»:

Dictionary of National Biography, vol. 19, p. 686.

ص 135 قطر 0.00000008 سنتمتر:

Asimov, The History of Physics, p. 501.

ص 137 فيما بعد، ليس لأي سبب خاص: Ball, H2O, p. 139

ص 139 «أدق خريطة سبق أن وضعت»:

Krebs, The History and Use of our Earth's Chemical Elements, p.23.

ص 140 «120 أو ما يقارب ذلك» من العناصر المعروفة:

from a review in Nature, 'Mind over Matter?', by Gautum R.Desiraju, 26 Sept. 2002.

ص 140 «تأملي محض»:

Heiserman, Exploring Chemical Elements and their Compounds, p. 33.

ص 140 سمت ماري كوري النتيجة «النشاط الإشعاعي»:

Bodanis, E = mil, p. 75.

ص 142 لم يقبل أبداً الأرقام المنقّحة: Lewis, The Dating Game, p. 55.

ص 143 أبرز بفخر التأثيرات العلاجية «لينابيعها المعدنية الإشعاعية»:

advertisement in Time magazine, 3 Jan. 1927, p.

ص 143 لم تُحظر في المنتجات الاستهلاكية حتى عام 1938:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, p. 133.

ص 144 وضعت كتب مخبرها في صناديق مخططة بالرصاص:

Science, 'We Are Made of Stars tuff, 4 May 2001, p. 863.

• الفصل الثامن: كون آينشتاين

ص 148 جذبت محاضراته طالباً واحداً أو اثنين في الفصل الدراسي:

Cropper, Great Physidsts, p. 106.

ص 148 مجموعة ورق اللعب: Ebbing, General Chemistry, p. 755.

ص 148 التي أوضحت بشكل مذهل مبادئ الديناميكا الحرارية لكل شيء تقريباً:

Cropper, Great Physidsts, p. 109.

ص 148 ما فعله جيبز، جوهرياً، هو إظهار أن الديناميكا الحرارية لم تطبق ببساطة على الحرارة والطاقة: Snow, The Physidsts, p. 7.

ص 148 دُعي توازن جيبز «مبادئ الديناميكا الحرارية:

Kevles, The Physidsts, p. 33.

ص 150 جاء إلى الولايات المتحدة مع أسرته رضيعاً وترعرع في معسكر تعدين في كاليفورنية في مدة الاندفاع نحو الذهب:

Kevles, The Physidsts, pp. 27-8.

ص 151 «تبيّن أن سرعة الضوء هي نفسها في الاتجاهات كلها، وفي كل الفصول»:

Thome, Black Holes and Time Warps, p. 64.

ص 151 «إنها على الأرجح النتيجة السلبية الأكثر شهرة في تاريخ الفيزياء»:

Cropper, Great Physidsts, p. 208.

ص 151 حسب متشلسون نفسه بين أولئك الذين اعتقدوا أن عمل العلم كان يقترب من النهاية:

Nature, 'Physics from the Inside', 12 July 2001, p. 121.

ص 152 منهم ثلاثة، بحسب سي. بي. سنو، «كانوا من بين الأعظم في تاريخ الفيزياء»: Snow, The Physidsts, p. 101.

ص 153 إن بحثه الأول، عن فيزياء السوائل في شاروقات الشرب:

Bodanis, E = mcl, p. 6.

ص 153 فقط لاكتشاف أن ج. ويلارد جيبز المنتج الصامت في كنيكتيكت قام بذلك العمل أيضاً: Boorse et al., The Atomic Sdentists, p. 142.

ص 153 أحد أهم الأبحاث العلمية التي سبق أن نُشرت:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p.193.

ص 154 بدا الأمر وكأن آينشتاين «قد وصل إلى الاستنتاجات عن طريق التأمل الفكري الصرف، دون مساعدة»: Snow, The Physidsts, p.l0l.

ص 154 ستحتوي في إطارك المتواضع على ما لا يقل عن 7×10^{18} جول من الطاقة الكامنة: Thome, Black Holes and Time Warps, p. 172.

ص 155 «آه، ليس هذا ضرورياً»، أجاب. «نادراً ما يكون لدي واحد»:

Nature, 'In the Eye of the Beholder', 21 March 2002, p. 264.

ص 155 «إنه دون شك الإنجاز الفكري الأعلى للإنسانية»:

Boorse et al., The Atomic Sdentists, p.53.

ص 155 بحسب آينشتاين نفسه، كان يجلس على كرسي حين خطرت له مشكلة الجاذبية: Bodanis, E = mcZ, p. 204.

ص 156 نشر بحثاً في أوائل 1917 بعنوان «اعتبارات كونية حول نظرية النسبية العامة»: Guth, The Inflationary Universe, p. 36.

ص 156 «دونها»، كتب سنو عام 1979: Snow, The Physicists, p. 21.

ص 156 لم يكن كروتش عميقاً وأخطأ تقريباً في كل شيء:

Bodanis, E = mcZ, p. 215.

ص 157 «أحاول التفكير من هو الشخص الثالث»:

quoted in Hawking, A Brief History of Time, p. 91; Aczel, God's Equation, p. 146.

ص 157 وكلما أسرع المرء توضّحت التأثيرات:

Guth, The Inflationary Universe, p.37.

ص 158 كرة قاعدة تُرمى بسرعة 160 كيلومتراً في الساعة، سوف تلتقط 0.00000000001 غرام من الكتلة في طريقها إلى الهدف:

Brockman and Matson, How Things Are, p.263.

ص 158 على أي حال، للعودة إلى بودانيس مرة أخرى، جميعنا نصادف بشكل مشترك أنواعاً أخرى من النسبية: Bodanis, E :::: mcZ, p. 83.

ص 149 «الفراش المطلق المرتخي»:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 55.

ص 159 «بمعنى ما الجاذبية لا توجد»:

Kaku, 'The Theory of the Universe?' in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, p.161.

ص 161 في اجتماع تم في الثانوية: Christianson, Edwin Hubble, p. 33.

ص 163 عالمة كمبيوتر من هارفارد، آني جمب كانون، استخدمت معرفتها المتكررة بالنجوم؛ كي تبتكر منهجاً لتصنيف النجوم:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p. 258.

ص 163 إنها نجوم كبيرة عبرت «طور تواترها الرئيس»:

Ferguson, Measuring the Universe, pp. 166-7.

ص 164 يمكن استخدامها شموعاً عادية:

Ferguson, Measuring the Universe, p. 166.

ص 164 كان يطور نظريته الرشيمية بأن البقع المظلمة على القمر سببها حشود من الحشرات التي تهاجر فصلياً:

Moore, Fireside Astronomy, p. 63.

ص 164 في عام 1923 أظهر أن نفخة من لعاب الشمس في كوكبة أندروميدا تُعرف باسم إم 31 لم تكن سحابة غازية مطلقاً:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 45; Natural History, 'Delusions of Centrality', Dec. 2002-]an. 2003, pp. 28-32.

ص 165 إن الأعجوبة كما قال ستيفن هوكينغ هي أنه لا أحد اكتشف فكرة توسع الكون من قبل: Hawking, The Universe in a Nutshell, pp. 71-2.

ص 166 في عام 1936 ألف هبل كتاباً مشهوراً بعنوان مملكة السديم:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 13.

ص 166 بعد نصف قرن لا يزال مكان أعظم عالم فلك في القرن العشرين مجهولاً:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 28.

• الفصل التاسع: الذرة الجبارة

ص 167 «إن الأشياء جميعها مصنوعة من الذرات»:

Feynman, Six Easy Pieces, p. 4.

ص 167 45 بليون بليون جزيء:

Gribbin, Almost Everyone's Guide to Science, p. 250.

ص 168 بليون لكل منا، كما اقتُرح:

Davies, The Fifth Miracle, p. 127.

ص 168 إن الذرات نفسها، على أي حال، تتواصل عملياً إلى الأبد:

Rees, Just Six Numbers, p. 96.

ص 168 إذا أردت أن ترى حيواناً أحادي الخلية يسبح في قطرة ماء:

Feynman, Six Easy Pieces, pp. 4-5.

ص 170 «يمكن أن نحاول أيضاً أن نُدخل كوكباً جديداً إلى المجموعة الشمسية»:

Boorstin, The Discoverers, p.679.

ص 170 في عام 1826، سافر عالم الكيمياء الفرنسي بي. ج. بيليتييه إلى مانشستر:

Gjertsen, The Classics of Science, p.260.

ص 170 بتيلييه مشوّش، وتلعثم حين شاهد الرجل العظيم:

Holmyard, Makers of Chemistry, p. 222.

ص 171 نظر أربعون ألف شخص إلى الكفن وامتدت الجنازة ميلين:

Dictionary of National Biography, vol. 5, p. 433.

ص 171 بعد أن قدم دالتون اقتراحه بقرن:

Von Baeyer, Taming the Atom, p. 17.

ص 171 قيل: إنه أدى دوراً في انتحار لودفيغ بولتزمان:

Weinberg, The Discovery of Subatomic Particles, p. 104.

ص 172 «هل تزوجت مصارع ثيران؟»:

quoted in Cropper, Great Physicists, p. 259.

ص 172 كان شعوراً سيفهمه رزرفورد:

Cropper, Great Physicists, p. 317.

ص 172 سيتوقف في منتصف الشرح ويخبر الطلاب أن يستنتجوا بأنفسهم:

Wilson, Rutherford, p.174.

ص 172 «بقدر ما يستطيع أن يرى»:

Wilson, Rutherford, p. 208.

ص 172 كان أول من رأى: Wilson, Rutherford, p. 208.

ص 173 «لماذا استخدام المذياع؟»:

quoted in Cropper, Great Physicists, p. 328.

ص 173 «كل يوم أنمو في الحجم وفي العقل»:

Snow, Variety of Men, p. 47.

ص 173 تخلى عنه حين أقنعه زميل أن المذياع لا مستقبل له:

Cropper, Great Physicists, p. 94.

ص 174 اعتقد بعض علماء الفيزياء أن الذرات يمكن أن يكون شكلها مكعّباً:

Asimov, The History of Physics, p. 551.

ص 175 إن عدد البروتونات هو الذي يمنح الذرة هويتها الكيماوية:

Guth, The Inflationary Universe, p.90.

ص 175 أضف أو اطرح نيتروناً أو اثنين وتحصل على نظير:

Atkins, The Periodic Kingdom, p. 106.

ص 175 فقط جزء من مليون من بليون من الحجم الكلي للذرة:

Gribbin, Almost Everyone}s Guide to Science, p.35.

ص 175 ولكن ذبابة أثقل بآلاف المرات من كاتدرائية:

Cropper, Great Physicists, p. 245.

ص 176 «يستطيعون، كالمجرات، أن يمروا عبر بعضهم دون أذى، فيريس،:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p.288.

ص 177 «لأن السلوك الذري لا يشبه التجربة العادية»:

Feynman, Six Easy Pieces, p. 117.

ص 178 كان التأخر في الاكتشاف شيئاً جيداً جداً على الأرجح:

Boorse et al., The Atomic Scientists, p. 338.

ص 179 «لا أعرف حتى ما هو المنبت»: Cropper, Great Physicists, p. 269

ص 180 ليست هذه مسألة الحاجة إلى أدوات أكثر دقة:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p.288.

ص 180 إلى أن تمت ملاحظة أن الإلكترون يجب أن يُنظر إليه على أنه «في كل مكان وليس في أي مكان في آن واحد»:

David H. Freedman, 'Quantum Liaisons', in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, p. 137.

ص 180 «إن الشخص الذي لا يغضب لدى سماعه أول مرة عن النظرية الكوانتية لم يفهم ما الذي قيل»:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 109.

ص 180 «لا تحاول»: Yon Baeyer, Taming the Atom, p. 43.

ص 180 إن السحابة نفسها هي جوهرياً منطقة احتمال إحصائي:

Ebbing, General Chemistry, p. 295.

ص 180 «منطقة من الكون أدمغتنا غير مهيأة لفهمها»:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p. 62.

ص 180 «لا تتصرف الأمور على ميزان صغير بأي طريقة كالأشياء على ميزان كبير»:

Feynman, Six Easy Pieces, p. 33.

ص 180 حيث المادة تستطيع أن تخرج إلى الوجود من العدم:

Alan Lightman, 'First Birth', in Shore (ed.), Mysteries oj Life and the Universe, p. 13.

ص 181 يبدو الأمر كأنه لديك كرتا بليارد:

Lawrence Joseph, 'Is Science Common Sense?' in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, pp. 42-3.

ص 181 تم إثبات الظاهرة بشكل لافت عام 1997:

Christian Science Monitor, 'Spooky Action at a Distance', 4 Oct. 2001.

ص 182 لا يستطيع المرء «التنبؤ بالأحداث المستقبلية بدقة»:

Hawking, A Brief History of Time, p. 61.

• الفصل العاشر: التخلص من الرصاص

ص 183 إن من بين الأعراض الكثيرة المرتبطة بالتعرض المفرط هي العمى والأرق والفشل الكلوي والطرش والسرطان:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 88.

ص 184 «لقد فقد هؤلاء الرجال عقولهم على الأرجح؛ لأنهم عملوا بجد»:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p.92.

ص 185 إن تسرباً واحداً من براد في مستشفى في كليفلاند، أوهايو، في عام 1929 قتل أكثر من مئة شخص:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 92.

ص 186 إن كيلو غراماً واحداً من CFCs يمكن أن يدمر سبعين ألف كيلوغرام من أوزون الغلاف الجوي:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, p. 62.

ص 186 إن جزيئاً من CFC هو أكثر فاعلية بعشرة آلاف مرة في مفاقمة ظاهرة الاحتباس الحراري من جزيء من ثاني أكسيد الكربون:

Sdence, 'The Ascent of Atmospheric Sciences', 13 Oct. 2000, p. 299.

ص 186 كان موته غير عادي على نحو لا يُنسى:

Nature, 27 Sept. 2001., p. 364.

ص 186 حتى هذا الوقت، إن التواريخ الأقدم الموثوقة تعود ليس إلى أكثر من السلالة الأولى في مصر:

Willard Libby, 'Radiocarbon Dating', from Nobel Lecture, 12 Dec. 1960.

ص 187 بعد ثماني أنصاف حياة، فقط 0.39 من الكربون المشع يبقى:

Gribbin and Gribbin, Ice Age, p. 58.

ص 187 «إن كل تأريخ بالكربون خام تقرؤه اليوم قدم بأنه أصغر بنسبة 3%»:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 174.

ص 189 الجدل الذي استمر طويلاً حول إن كان منشأ السفلس هو العالم الجديد أو القديم:

Sdence, 'Can Genes Solve the Syphilis Mystery?', 11 May 2001, p. 109.

ص 190 لسوء الحظ، قابل الآن عائقاً آخر قوياً في وجه القبول:

Lewis, The Dating Game, p.204.

ص 191 هذا ما قاده في النهاية إلى إنشاء مختبر معقّم:

Powell, Mysteries of Terra Firma, p. 58.

ص 191 «رقم يظل دون تغيير 50 عاماً آخر»:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 173.

ص 192 في دراسة كهذه، إن طبيباً غير متخصّص في علم الأمراض الكيميائي:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 94.

ص 192 يبدو أن 90% منه يأتي من عوادم السيارات:

Nation, 'The Secret History of Lead', 20 March 2000.

ص 192 صارت الفكرة أساس دراسات اللب الجليدي، واستند إليها كثير من العمل المناخي الحديث: Powell, Mysteries of Terra Firma, p. 60.

ص 193 يُزعم أن المديرين التنفيذيين لإيثيل عرضوا أن يقدموا كرسياً في كالتيك «إذا تراجع باترسون»:

Nation, 'The Secret History of Lead', 20 March 2000.

ص 193 على الفور تراجع مستوى الرصاص في دم الأمركيين بنسبة 80%:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 169.

ص 193 إن الأمركيين الأحياء اليوم، كل منهم يوجد في دمه من الرصاص أكثر ب 625 مرة مما كان في دم الناس منذ قرن: Nation, 20 March 2000.

ص 193 إن كمية الرصاص في الجو تواصل النمو أيضاً، بشكل قانوني، ولكن نحو مئة ألف طن في العام:

Green, Water, Ice and Stone, p. 258.

ص 193 «بعد كل أوروبة بـ 44 سنة»:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 191.

ص 193 واصل الجدل بأن «البحث أخفق في إظهار أن الغازولين المرصص يهدد الصحة البشرية»:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, pp. 110-11.

ص 185 والأسوأ، لا نزال نُدخل كميات كبيرة من CFCs إلى الجو كل عام:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, p.63.

ص 194 صدر كتابان مشهوران أخيراً عن تاريخ تحديد عمر الأرض كتبا اسمه خطأ:

The books are Mysteries of Tma Pinna and The Dating Game, both of which make his nanle 'Claire'. (Since this note first appeared, I have received a rather severe rebuke nom the author of the latter book, Cherry Lewis, inform- ing me that her choice of spelling

was intentional and arose nom correspondence she had had with Patterson's widow. Except for the other cited book, Lewis's choice of spelling accords with no other published sources I can find, including Patterson's many obituaries in leading journals -which were, after all, literally the last word on the man and his nanle. Nonetheless I anl happy to accept that Ms Lewis's variant spelling of Patterson's nanle was done intentionally and I unreservedly apologize to her for any dismay caused).

ص 195 قام بالخطأ الإضافي والفاضح، معتقداً أن باترسون امرأة:

Nature, 'The Rocky Road to Dating the Earth', 4 Jan. 2001, p. 20.

• الفصل الحادي عشر: كواركات مستر مارك

ص 197 في عام 1911، عالم بريطاني يُدعى سي. تي. ر. ولسون:

Cropper, Great Physidsts, p. 325.

ص 198 «لو استطعت تذكر أسماء تلك الجزيئات لكنت عالم نبات»:

quoted in Cropper, Great Physidsts, p. 403.

ص 198 يمكن القيام بـ 47,000 دورة في نفق طوله 7 كيلومترات في أقل من ثانية:

Discover, 'Gluons', July 2000, p. 68.

ص 199 في 1998 أفاد الراصدون اليابانيون أن النيوترين له كتلة:

Economist, 'Heavy Stuff', 13 June 1998 p. 82; National Geographic, 'Unveiling the Universe', Oct. 1999, p. 36.

ص 199 تحطيم الذرات... سهل:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p.48.

ص 199 إن صادم الهادرون الضخم لـ سي إي آر إن سينجز 14 ترليون فولت من الطاقة:

Economist, 'Cause for con CERN', 28 Oct. 2000, p.75.

ص 200 «تنتشر في محيطه سلسلة من البلدات الصغيرة الخائبة الأمل»:

letter from Jeff Guinn.

ص 200 إن مرصد نيوترين مقترح في منجم هومستيك القديم في ليد، ساوث داكوتا:

Sdence, 'U.S. Researchers Go for Scientific Gold Mine', 15 June 2001, p. 1979.

ص 200 مسرّع جسيمات في مخبر فيرمي في إيلينوي... الكلفة 260 مليون دولار:

Sdence, 8 Feb. 2002, p. 942.

ص 200 إن عدد الجزيئات اليوم هو فوق 150:

Guth, The Inflationary Universe, p. 120; Feynman, Six Easy Pieces, p.39.

ص 200 يعتقد بعض الناس أن هناك جزيئات تُدعى التاكيونات:

Nature, 27 Sept. 2001, p. 354.

ص 201 «التي هي في ذاتها أكوان في المستوى اللاحق، وهكذا إلى الأبد»:

Sagan, Cosmos, pp. 265-6.

ص 201 «إن البايونات المشحونة والبايونات المضادة تتآكلان على التعاقب»:

Weinberg, The Discovery of Subatomic Particles, p. 163.

ص 201 «لاستعادة بعض الاقتصاد إلى حشد الهادرونات»:

Weinberg, The Discovery of Subatomic Particles, p.165.

ص 201 أراد أن يدعو هذه الجزيئات الأساسية الجديدة البارتونات:

von Baeyer, Taming the Atom, p. 17.

ص 202 وأخيراً بزغ من كل هذا ما دعي النموذج العادي:

Economist, 'New realities?', 7 Oct. 2000, p. 95; Nature,

'The Mass Question', 28 Feb. 2002, pp.969-70.

ص 202 إن البوزونات هي جسيمات تنتج القوى وتحملها:

Sdentific American, 'Uncovering Supersymmetry', July 2002, p. 74.

ص 203 «لديه كثير من البارامترات الاعتباطية»:

quoted on the PHS video Creation of the Universe, 1985; also quoted, with slighdy different numbers, in Ferris, Coming of Age in the Milky Way, pp. 298-9.

ص 203 بوزون هيجز النظري:

CERN website docu- ment ‘The Mass Mystery’, undated.

p. 212 ‘So we are stuck with a theory’: Feynman, Six Easy Pieces, p. 39.

ص 203 يسلّم هذا أن كل تلك الأشياء الصغيرة مثل الكواركات:

Sdence News, 22 Sept. 2001, p. 185.

ص 203 صغير بما يكفي للمرور كجزيئات نقطة:

Weinberg, Dreams of a Pinal Theory, p. 168.

ص 204 «يتألف الخيط heterotic من خيط مغلق له نمطان من التذبذبات»:

Kaku, Hyperspace, p. 158.

ص 204 إن نظرية الخيط؟ ولدت شيئاً آخر يُدعى نظرية إم:

Sdentific American, ‘The Universe’s Unseen Dimensions’, Aug.

ص 204 «تبدأ ekpyrotic process بعيداً في الماضي غير المحدد»:

New York Times, ‘Before the Big Bang, There Was ...What?’, 22 May 2001, p. Fl.

ص 204 جاءت الفكرة بشكل ممتع إلى رأس:

New York Times website, ‘Are They a) Geniuses or b) Jokers?; French Physicists’ Cosmic Theory Creates a Big Bang of Its Own’, 9 Nov. 2002; Economist, ‘Publish and Perish’, 16 Nov. 2002, p. 75.

ص 205 كارل بوبر... اقترح مرة أنه يمكن ألا يكون هناك في الواقع نظرية نهائية:

Weinberg, Dreams of a Pinal Theory, p. 184.

ص 205 «لا يبدو أننا نقترب من نهاية مصادرنا الفكرية»:

Weinberg, Dreams of a Pinal Theory, p.187.

ص 205 حسب هبل أن عمر الكون بليونا عام:

US News and World Report, ‘How Old Is the Universe?’, 25 Aug. 1997, p. 34.

ص 206 عمر جديد للكون بين سبعة بلايين وعشرين بليون عام:

Trefil, 101 Things You Don’t Know About Science and No One Else Does Either, p. 91.

ص 206 في الأعوام التي تلت نشأ جدل استمر طويلاً:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 268.

ص 206 في شباط 2003، فريق من ناسا:

New York Times, 'Cosmos Sits for Early Portrait, Gives up Secrets', 12 Feb. 2003, p. 1.

ص 207، «بني جبل من النظريات على كومة خلد من الأدلة»:

Economist, 'Queerer than we can suppose', 5 Jan. 2002, p. 58.

ص 207 «يمكن أن يعكس ندرة المعطيات وليس امتياز النظرية»:

National Geographic, 'Unveiling the Universe', Oct. 1999, p. 25.

ص 207 ما يعنونه في الواقع: Goldsmith, The Astronomers, p.82.

ص 208 «ثلثا الكون لا يزالان مفقودين من بيان الميزانية»:

Economist, 'Dark for Dark Business', 5 Jan. 2002, p. 51.

ص 209 إن النظرية هي أن الفضاء الفارغ غير فارغ مطلقاً:

PBS Nova, 'Runaway Universe', transcript of programme first broadcast 21 Nov. 2000.

ص 209 إن الشيء الوحيد الذي يحل كل هذا هو ثابت آينشتاين الكوني:

Economist, 'Dark for Dark Business', 5 Jan. 2002, p. 51.

• الفصل الثاني عشر: الأرض تتحرك

ص 212 في نبرة دعت القارئ للانضمام إليه في ابتسامة تسامح:

Hapgood, Earth's Shifting Crnst, p.29.

ص 213 وضعوا «جسوراً أرضية» قديمة أينما كانت هناك حاجة إليها:

Simpson, Fossils and the History of Life, p. 98.

ص 214 حتى الجسور الأرضية لم تستطع شرح بعض الأمور:

Gould, Ever since DanlJin, p. 163.

ص 214 ملأى «بكثير من الصعوبات النظرية الجدية»:

Encylopaedia Britannica, vol. 6, p. 418.

ص 215 اغتاظ أحد المراجعين مرة... أن الطلاب يمكن أن يصدقوهم:

Lewis, The Dating Game, p.182.

ص 215 نحو نصف الحاضرين الآن اعتنقوا فكرة الانجراف القاري:

Hapgood, Earth's Shifting Crust, p. 31.

ص 215 «أشعر أن الفرضية فنتازية»:

Powell, Mysteries of Te"a Finna, p. 147.

ص 215 من المثير أن علماء جيولوجيا شركات النفط عرفوا ذلك طيلة سنوات:

McPhee, Basin and Range, p. 175.

ص 216 على متن قاربه كان هناك مسبار أعماق جديد يدعى مسبار الأعماق:

McPhee, Basin and Range, p. 187.

ص 218 جبال بحرية دعاها الموائد البحرية على اسم عالم جيولوجيا في برنستون:

Harrington, Dance of the Continents, p.208.

ص 219 «ربما أهم بحث في علوم الأرض رُفض نشره»:

Powell, Mysteries of Te"a Finna, pp. 131-2.

ص 219 حتى السبعينيات:

Powell, Mysteries of Te"a Finna, p. 141.

ص 219 لا يزال عالم جيولوجيا أميريكي واحد من بين كل ثمانية لا يؤمن بالألواح التكتونية: McPhee, Basin and Range, p. 198.

ص 220 اليوم نعرف أن سطح الأرض مصنوع مما بين ثمانية إلى اثني عشر لوحاً كبيراً: Simpson, Fossils and the History of Life, p. 113.

ص 221 اكتُشف أن الروابط أكثر تعقيداً بشكل لانهائي مما تخيل أي شخص:

McPhee, Assembling California, pp. 202-8.

ص 221 بسرعة نموّ ظفر:

Vogel, Naked Earth, p. 19.

ص 221 عشر 1% من تاريخ الأرض:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 44.

ص 221 اعتُقد أن الألواح التكتونية جزء مهم من وجود الأرض العضوي:

Trefil, Met/itations at 10,000 Feet, p. 181.

ص 222 مقترحاً أنه يمكن أن تكون هناك علاقة بين تاريخ الصخور وتاريخ الحياة:

Science, 'Inconstant Ancient Seas and Life's Path', 8 Nov. 2002, p. 1165.

• الفصل الثالث عشر: الانفجار!

ص 227 في عام 1912 كان هناك رجل يحفر بئراً من أجل تزويد البلدة بالماء، أفاد أنه أخرج كثيراً من الصخور المشوهة على نحو غريب:

Raymond R. Anderson, Geological Society of America GSA Special Paper 302, 'The Manson Impact Structure: A LAte Cretaceous Meteor Crater in the Iowa Subsurface', Spring 1996.

ص 228 في الواقع ظهرت البلدة كلها:

Des Moines Register, 30 June 1979.

ص 228 «في كثير من الأحيان يأتي أشخاص ويسألون أين يجب أن يذهبوا كي يروا الحفرة»؟:

Interview with Schlapkohl, Manson, Iowa, 18 June 2001.

ص 229 المحقق الرئيس الأول، جي.كي. جلبرت من جامعة كولومبيا:

Lewis, Rain of Iron and Ice, p. 38.

ص 229 قام جلبرت بهذه التجارب ليس في مخبر في كولومبيا، ولكن في غرفة فندق:

Powell. Night Comes to the Cretaceous, p. 37.

ص 230 «في الوقت الذي بدأنا فيه كان قد تم اكتشاف أكثر اثني عشر بقليل من هذه الأمور:

trans- cript from BBC Horizon documentary, 'New Asteroid Danger', p. 4; progranune first transmitted 18 March 1999.

ص 231 دعاها النيازك الكلمة اللاتينية التي تعبر عن شبيه النجم:

Sdence News, 'A Rocky Bicentennial', 28 July 2001, pp.61-3.

ص 231 تم رصده أخيراً في عام 2000 بعد أن فُقد لـ 89 سنة:

Ferris, Seeing in the Dark, p.150.

ص 231 في تموز 2001، تم تسمية وتحديد 26,000 نيزك:

Sdence News, 'A Rocky Bicentennial', 28 July 2001, pp. 61-3.

ص 232 ننطلق إليه بسرعة أكثر من مئة ألف كيلومتر في الساعة:

Ferris, Seeing in the Dark, p. 147.

ص 232 «قادرة كلها على الاصطدام بالأرض وتتحرك كلها في مسارات مختلفة في السماء بسرعات متنوعة»:

transcript from BBC Horizon documentary 'New Asteroid Danger', p. 5; first transmitted 18 March 1999.

ص 233 تحدث هذه الأخطار القريبة على الأرجح مرتين أو ثلاث مرات في الأسبوع، ولا تُلاحظ:

New Yorker, 'Is This the End?', 27 Jan. 1997, pp. 44-52.

ص 234 في كل عام تراكم الأرض نحو 30,000 طن من «الأجسام الكونية الكروية الصغيرة»: Vernon, Beneath our Feet, p.191.

ص 235 «حسناً، كانت ساحرة جداً، ومقنعة جداً»:

telephone interview with Asaro, 10 March 2002.

ص 236 عالم فيزياء فلكية من جامعة نورثويسترن يدعى رالف ب. بالدوين اقترح احتمالاً كهذا في مقال نُشر في مجلة بوبيولار أسترونومي:

Powell, Mysteries of Te"a Firma, p. 184.

ص 236 في عام 1955 بروفسور من جامعة أوريغون ستيت يدعى م.دبليو. لوبنفيلز:

Peebles, Asteroids: A History, p. 170.

ص 236 يمكن أن يكون سبب حدث أولي يعرف باسم انقراض فراسنيان Frasnian:

Lewis, Rain of Iron and Ice, p.107.

ص 237 «كانوا مثل جامعي الطوابع»:

quoted by Officer and Page, Tales of the Earth, p. 142.

ص 237 حتى حين يسلّم في مقابلة صحفية أنه ليس لديه دليل فعلي عليه:

Boston Globe, 'Dinosaur Extinction Theory Backed', 16 Dec. 1985.

ص 237 واصل الاعتقاد أن انقراض الديناصورات لم يكن له أي علاقة مع اصطدام نيزكي:

Peebles, Asteroids: A History, p. 175.

ص 238 إن جزءاً كبيراً من العمل الذي تقوم به هو تقويم خطط إدارة السماد:

Iowa Department of Natural Resources Publication, Iowa Geology 1999, Number 24.

ص 239 «فجأة كنا في مركز الأشياء»:

inter- view with Anderson and Witzke, Iowa City, 15 June 2001.

ص 239 جاءت إحدى تلك اللحظات في اللقاء السنوي لاتحاد الجيوفيزياء الأميركي في 1985:

Boston Globe, 'Dinosaur Extinction Theory Backed', 16 Dec.1985.

ص 240 عثر على التشكّل بيمكس، شركة النفط التي من نيومكسيكو، في 1952:

Peebles, Asteroids: A History, pp. 177-8; Washington Post, 'Incoming', 19 April 1998.

ص 241 «أتذكر أنه كانت لدي بعض الشكوك الأولية القوية في فاعلية حدث كهذا»:

Gould, Dinosaur in a Haystack, p. 162.

ص 241 «سيبتلع المشترى هذه النيازك دون أن يتجشأ»:

quoted by Peebles, Asteroids: A History, p.196.

ص 241 ضرب جزء واحد عرف باسم النواة ج، بقوة نحو ستة ملايين ميغاطن:

Peebles, Asteroids: A History, p. 202.

ص 241 قُتل شومكر على الفور، جُرحت زوجته:

Peebles, Asteroids: A History, p. 204.

ص 244 تقريباً كل ما هو منتصب سيُبسط، وكل ما هو حي سيهلك:

Anderson, Iowa Department of Natural Resources, Iowa Geology 1999, 'Iowa's Mansion Impact Structure.

ص 244 إن الهرب سيعني «اختيار موت بطيء بدلاً من موت سريع»:

Lewis, Rain of Iron and Ice, p. 209.

ص 244 حلل نظائر الهليوم من ترسبات تركها اصطدام كي تي، واستنتج أنه أثر على مناخ الأرض لعشرة آلاف سنة:

Arizona Republic, 'Impact Theory Gains New Supporters', 3 March 2001.

ص 245 توم جهرلز... يعتقد أنه حتى تحذير قبل سنة لن يكون كافياً على الأرجح:

New York Times magazine, 'The Asteroids Are Coming! The Asteroids Are Coming!', 28 July 1996, pp. 17-19.

ص 245 شومكر ليفي 9 كان يدور حول المشترى في طريقة واضحة منذ 1929 ولكن مرَّ نصف قرن قبل أن يلحظ أحد ذلك:

Ferris, Seeing in the Dark, p. 168.

• الفصل الرابع عشر: النار في الباطن

ص 248 «كان مكاناً غير مناسب للبحث عن العظام»:

interview with Mike Voorhies, Ashfall Fossil Beds State Park, Nebraska, 13 June 2001.

ص 248 اعتقدوا في البداية أن الحيوانات دفنت حية:

National Geographic, 'Ancient Ashfall Creates Pompeii of Prehistoric Animals', Jan. 1981, Six Easy Pieces, p. 60.

ص 250 المسافة من سطح الأرض إلى الوسط هي 6,370 كيلومتر:

Williams and Montaigne, Suwiving Galeras, p. 78.

ص 251 شخص رزين، لم يشر أبداً إلى الميزان باسمه:

Ozima, The Earth, p. 49.

ص 252 مات ستون ألف شخص:

Officer and Page, Tales of the Earth, p. 52.

ص 253 «المدينة تنتظر الموت»:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 21.

ص 254 إن الكلفة الاقتصادية المحتملة هي 7 ترليونات دولار:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 130.

ص 254 «أوقع مصطبة مبنية حول بناء الكابيتول»:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Sdence and No One Else Does Either, p. 158.

ص 255 صار المشروع معروفاً، بشكل محتم، باسم الموهول:

Vogel, Naked Earth, p. 37.

ص 255 «كمحاولة حفر حفرة... مستخدمين المعكرونة»:

Valley News, 'Drilling the Ocean Floor for Earth's Deep Secrets', 21 August 1995.

ص 255 تمثل قشرة الأرض 0.3% فقط من حجم الكوكب:

Schopf, Cradle of Life, p. 73.

ص 257 نعرف القليل جداً عن الدثار مما صار يُعرف باسم أنابيب kimberlite:

McPhee, In Suspect Te''ain, pp. 16-18.

ص 257 العلماء متفقون عامةً:

Sdentijic American, 'Sculpting the Earth from Inside Out', March 2001, pp. 4()-7, and New Sdentist, 'Journey to the Centre of the Earth', supplement, 14 Oct. 2000, p. 1.

ص 257 بكل قوانين الجيوفيزياء:

Earth, 'Mystery in the High Sierra', June 1996, p. 16.

ص 258 الصخور لزجة... كالزجاج: Vogel, Naked Earth, p. 31.

ص 259 الحركات لا تحدث بالمعنى الحرفي فقط:

Sdence, 'Much About Motion in the Mande', 1 Feb. 2002, p.982.

ص 259 اقترح كاهن إنكليزي يُدعى أوزموند فيشر ببصيرة:

Tudge, The Time Before History, p. 43.

ص 259 «هناك مجموعتان من المعطيات، من نظامين مختلفين»:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p. 146.

ص 259 نحو 82% من حجم الأرض و65% من كتلتها:

Nature, 'The Earth's Mande', 2 Aug. 2001, pp. 501-6.

ص 260 تلك التي وُجدت على الأسطح تبلغ أكثر من ثلاثة ملايين عام:

Drury, Stepping Stones, p. 50.

ص 260 كانت في أثناء عصر الديناصورات أقوى مما هي الآن بثلاث مرات:

New Scientist, 'Dynamo Support', 10 March 2001, p. 27.

ص 261 «أعظم سؤال لم يُجب عنه في العلوم الجيولوجية»:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p. 150.

ص 261 «نادراً ما يذهب علماء الجيولوجيا والجيوفيزياء إلى الاجتماعات نفسها»:

Vogel, Naked Earth, p. 139.

ص 262 بنى علماء الزلازل بعزم استنتاجاتهم على سلوك البراكين في هاواي:

Fisher et al., Volcanoes, p. 24.

ص 262 كان أكبر انزلاق في التاريخ البشري:

Thompson, Volcano Cowboys, p. 118.

ص 262 بقوة تعادل قوة خمس مئة قنبلة ذرية بحجم قنبلة هيروشيما:

p. 275 'only shake my head in wonder': Williams and Montaigne, Suwiving Caleras, p. 151.

ص 264 أبلغ أن طائرة... رُجمت بالصخور»:

Thompson, Volcano Cowboys, p. 123.

ص 264 مع ذلك لا يوجد إجراءات طوارئ خاصة بالزلازل في ياكيما:

Fisher et al., Volcanoes, p. 16.

• الفصل الخامس عشر: جمال خطر

ص 265 في باريكوتن في المكسيك: Smith, The Weather, p. 112.

ص 266 «لن تكون قادراً على الدخول في نطاق ألف كيلومتر منها»:

BBC Horizon documentary, 'Crater of Death', first broadcast 6 May 2001.

ص 267 انفجار تردّد صداه في أنحاء العالم لتسعة أيام:

Lewis, Rain of Iron and Ice, p. 152.

ص 268 آخر انفجار لبركان عملاق على الأرض كان في توبا:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 104.

ص 269 هناك بعض الدليل لاقتراح أن عدد السكان الكلي في العشرين ألف سنة القادمة لن يكون أكثر من بضعة آلاف:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 107.

ص 269 «يمكن ألا تشعرك أنها هكذا، ولكنك تقف على أكبر أنشط بركان في العالم»:

interview with Paul Doss, Yellowstone National Park, Wyoming, 16 June 2001.

ص 273 كما كان واضحاً على نحو مروع في ليلة 17 آب 1959، في موضع يُدعى هيبجن ليك: Smith and Siegel, Windows into the Earth, pp. 5-6.

ص 277 صغير كجزيء في ظروف مثالية:

Sykes, The Seven Daughters of Eve, p. 12.

ص 277 في غضون ذلك، كان العلماء يعثرون على ميكروبات أكثر قوة:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 275.

ص 278 كما عبّر عن الأمر عالم ناسا جي بيرجسترال:

PBC NewsHour transcript, 20 Aug. 2002.

• الفصل السادس عشر: كوكب وحيد

ص 281 ليس أقل من 99.5% من حجم الفضاء القابل للسكن:

New York Times Book Review, 'Where Leviathan Lives', 20 April 1997, p. 9.

ص 281 إن الماء أثقل بألف وثلاث مئة مرة من الهواء،

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 51.

ص 281 ستنهار شرايينك وتضغط رئتك إلى أبعاد علبة كوك:

New Sdentist, 'Into the Abyss', 31 March 2001.

ص 282 إن الضغط يعادل الانسحاق أربع عشرة شاحنة محمّلة بالإسمنت:

New Yorker, 'The Pictures', 15 Feb. 2000, p. 47.

ص 282 لأننا مصنوعون من الماء بشكل كبير:

Ashcroft, Life at the Extremes, p.69.

ص 283 «كلّ ما تُرك في البذلة هو عظامه وبعض أشلاء اللحم»:

Haldane, Mat Is Lift?, p. 188.

ص 284 يروي آشكروفت قصة عن مديري قناة جديدة تحت نهر التيمز أقاموا مأدبة احتفالية: Ashcroft, Lift at the Extremes, p. 59.

ص 285 حين أثير، شرح هالدن وجد نفسه ينزع رداءه وقال: إنه وقت النوم:

Norton, Stars beneath the Sea, p. 111.

ص 285 إن موهبة هالدن في الغطس هي أن يصل إلى الفواصل المتبقية الضرورية؛ ليقوم بصعود من الأعماق دون التواءات:

Haldane, Mat Is Life?, p. 202.

ص 285 «لكن هل هو الهيموغلوبين المؤكسد أو الهيموغلوبين الذي يحتوي على الكربوكسيل؟»:

quoted in Norton, Stars beneath the Sea, p. 121.

ص 286 اكتشف هالدن الشاب أن الحرب العالمية الأولى تجربة ممتعة جداً»:

Norton, Stars beneath the Sea, p.124.

ص 287 «انتهت التجارب جميعها تقريباً بشخص أصابته نوبة، نزف أو تقيؤ»:

Norton, Stars beneath the Sea, p. 133.

ص 287 كان انثقاب غشاء الطبل شائعاً جداً:

Haldane, What Is Life?, p. 192.

ص 287 فقد هالدن أي إحساس بردفيه وأسفل عموده الفقري لست سنوات:

Haldane, What Is Life?, p. 202.

ص 288 أنتج هذا أيضاً تقلّبات وحشية في المزاج:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 78.

ص 288 «كان المُختبر ثملاً كالمُختَبَر:

Haldane, What Is Life?, p. 197.

ص 288 إن سبب الثمل لا يزال لغزاً حتى الآن:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 79.

ص 288 حتى في الطقس المعتدل إن الحريرات التي تحرقها تذهب كي تدفئ جسمك:

Attenborough, The Living Planet, p. 39.

ص 289 إن أقسام الأرض التي نحن مستعدون كي نعيش عليها، أو قادرون على أن نعيش فيها هي متواضعة بالفعل:

Smith, The Weather, p.40.

ص 289 لو كانت شمسنا أكبر بعشر مرات مما هي عليه لاستنفدت نفسها بعد عشرة ملايين عام بدلاً من عشرة بلايين:

Ferris, The Whole Shebang, p. 81.

ص 290 يصله دفء الشمس قبل أن يلمسنا بدقيقتين:

Grinspoon, Venus Revealed, p. 9.

ص 290 يبدو أنه في أثناء الأعوام الأولى من المجموعة الشمسية كان كوكب الزهرة أكثر دفئاً بقليل من الأرض، وربما كان فيه محيطات:

National Geographic, 'The Planets', Jan. 1985, p. 40.

ص 291 الضغط الجوي على السطح هو أكبر مما هو على الأرض بتسعين مرة:

McSween, Stardust to Planets, p. 200.

ص 292 القمر ينزلق من قبضتنا بسرعة 4 سنتمترات في العام:

Ward and Brownlee, Rare Earth, p. 33.

ص 293 إن العنصر الأكثر خداعاً من الكل يبدو أنه الفرنْسيوم:

Atkins, The Periodic Kingdom, p. 28.

ص 294 نبذ تقديم العشاء الخاص بالدولة بصحون الفضة واستبدلها بالألمنيوم:

Bodanis, The Secret House, p.13.

ص 294 يصل إلى نسبة متواضعة هي 0.048 من قشرة الأرض:

Krebs, The History and Use of our Earth's Chemical Elements, p. 148.

ص 294 «لو لم يكن الأمر يتعلق بالكربون، فإن الحياة كما نعرفها ستكون مستحيلة»:

Davies, The Fifth Miracle, p. 126.

ص 294 من بين كل 200 ذرة في جسمك، هناك 126 ذرة هيدروجين و51 ذرة أوكسجين، و19 ذرة كربون فحسب:

Snyder, The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things, p. 24.

ص 295 إن درجة تطلب المتعضيات أو سماحها لعناصر معيّنة هي ذخيرة تطورها:

Parker, Inscrutable Earth, p. 100.

ص 296 أسقط كمية قليلة من الصوديوم الصرف في الماء العادي وستنفجر بقوة كافية للقتل:

Snyder, The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things, p.42.

ص 296 نكّه الرومان أيضاً خمرتهم بالرصاص:

Parker, Inscrutable Earth, p. 103.

ص 297 اعتاد عالم الفيزياء رتشارد فينمان أن يمزح:

Feynman, Six Easy Pieces, p. xix.

• الفصل السابع عشر: داخل التروبوسفير

ص 299 ستكون الأرض دونه كرة جليد لا حياة عليها:

Stevens, The Change in the Weather, p. 7.

ص 300 واكتشفه في عام 1902 رجل فرنسي كان في منطاد هو ليون فيليبي تسيرينك د. بورت:

Stevens, The Change in the Weather, p. 56; Nature, '1902 and All That', 3 Jan. 2002, p. 15.

ص 300 إنها من الجذر اللاتيني نفسه ككلمة menopause:

Smith, The Weather, p. 52.

ص 300 ستؤدي في البداية إلى وزمة حادة في المخ أو الرئة:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 7.

ص 300 إن الحرارة على ارتفاع عشرة كيلومترات يمكن أن تكون 57 تحت الصفر:

Smith, The Weather, p. 25.

ص 300 نحو جزء من ثمانية ملايين من السنتمتر؛ كي نكون دقيقين:

Allen, Atmosphere, p. 58.

ص 301 إذا ضربت عربة وافدة الثرموسفير (الغلاف الحراري) في زاوية واهية، يمكن أن تقفز مرتدة إلى الفضاء: Allen, Atmosphere, p. 57.

ص 302 يسجّل ديكنسون كيف أن هوارد سومرفيل «وجد نفسه يختنق حتى الموت بعد أن دخلت قطعة من اللحم الملوث قصبته الهوائية»:

Dickinson, The Other Side of Everest, p. 86.

ص 302 إن الحد النهائي للسماح بالحياة البشرية هو نحو 5,500 متر:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 8.

ص 302 حتى النساء الأكثر تكيفاً بشكل جيد لا يستطعن على ارتفاع 5,500 متر أن يقدمن لجنين نام ما يكفي من الأوكسجين:

Attenborough, The Living Planet, p. 18.

ص 303 «تراكم علينا نصف طن تقريباً بهدوء في أثناء الليل»:

quoted by Hamilton-Paterson, The Great Deep, p. 177.

ص 303 إن جبهة طقس عادية يمكن أن تتألف من 750 مليون طن من الهواء البارد المضغوط تحت بليون طن من الهواء الأكثر دفئاً: Smith, The Weather, p. 50.

ص 304 كمية من الطاقة كافية لاستخدام الكهرباء مدة أربعة أيام في الولايات المتحدة: Junger, The Perfect Storm, p. 102.

ص 304 في أي لحظة تتقدم 1800 عاصفة حول الكوكب الأرضي:

Stevens, The Change in the Weather, p. 55.

ص 304 إن كثيراً من معرفتنا لما يجري في الأعلى حديثة بشكل يدعو إلى الدهشة:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, p.161.

ص 304 إن ريحاً تهب بسرعة 300 كيلومتر في الساعة ليست أقوى بعشر مرات من ريح تهب بسرعة 30 كيلومتراً في الساعة، ولكن أقوى بمئة مرة:

Bodanis, E = mfl, p. 68.

ص 306 كمية من الطاقة تعادل ما تستهلكها دولة غنية متوسطة الحجم في عام:

Ball, H2O, p. 51.

ص 306 إن دافع الجو للتوازن اشتبه به أول مرة إدموند هالي:

Sdence, 'The Ascent of Atmospheric Sciences', 13 Oct. 2000, p. 300.

ص 307 إن تميّز كوريوليس الآخر في المدرسة هو إدخال مبردات الماء، التي لا تزال تحمل اسمه هناك:

Trefil, The Unexpected Vista, p. 24.

ص 307 تمنح أنظمة الطقس التفافاتها وترسل الأعاصير تتدوّر كالقمم:

Drury, Stepping Stones, p. 25.

ص 308 يتم تذكر هوارد الآن بشكل رئيس لمنحه أنماط الغيوم أسماءها في 1803:

Dictionary of National Biography, vol. 10, pp. 51-2.

ص 309 أضيف إلى نظام هوارد كثير مع مرور الأعوام:

Trefil, Meditations at Sunset, p. 62.

ص 309 يبدو أن هذا مصدر تعبير «على الغيمة رقم 9»:

Hamblyn, The Invention of Clouds, p. 252.

ص 310 إن ركاماً صيفياً خفيفاً من الغيوم يبعد جانباً مئات عدة من الأمتار يمكن أن يحتوي على أكثر من 100 إلى 150 متراً من الماء:

Trefil, Meditations at Sunset, p. 66.

ص 310 فقط نحو 0.035% من مياه الأرض العذبة تعوم فوقنا في أي لحظة:

Ball, H2O, p.57.

ص 310 هذا يعتمد على المكان الذي يسقط فيه، إن التكهن بجزيء الماء يتنوّع بشكل واسع:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 8.

ص 310 حتى بحر كبير كالمتوسط يمكن أن يجف في ألف سنة إذا لم يمتلئ مرة ثانية:

Gribbin and Gribbin, Being Human, p.123.

ص 310 حصل حدث كهذا قبل ستة ملايين عام بقليل:

New Sdentist, 'Vanished', 7 Aug. 1999.

ص 311 يعادل نتاج العالم من الفحم الحجري مدة عشر سنوات:

Trefil, Meditations at 10,000 Feet, p. 122.

ص 311 لهذا السبب هناك تلكؤ في البداية الفلكية الرسمية لفصل والشعور الحقيقي بأن الفصل بدأ: Stevens, The Change in the Weather, p.lll.

ص 312 بالنسبة لمسألة كيف أن أي شخص يمكن أن يستنتج كم تستغرق قطرة الماء؛ كي تنتقل من محيط إلى آخر:

National Geographic, 'New Eyes on the Oceans', Oct. 2000, p. 101.

ص 313 هناك من الكربون في الجو أكثر بعشرين مرة مما يوجد في صخور الأرض:

Stevens, The Change in the Weather, p. 7.

ص 314 إن المستوى الطبيعي لغاز ثاني أكسيد الكربون في الجو:

Science, 'The Ascent of Atmospheric Sciences', 13 Oct. 2000, p. 303.

• الفصل الثامن عشر: البحر المتّسع

ص 317 تخيّل أنك تحاول أن تعيش في عالم يهيمن عليه أكسيد مهدرج:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p.l00.

ص 317 إن حبة البطاطا مؤلفة من 80% من الماء، البقرة 74% والبكتيريا 75%:

Schopf, Cradle of Life, p. 107.

ص 317 لا شيء فيه يمكن استخدامه للقيام بتنبؤات حول مواصفات سوائل أخرى:

Green, Water, Ice and Stone, p. 29; Gribbin, In the Beginning, p. 174.

ص 317 في الوقت الذي يصبح فيه صلباً يصبح أكبر مما كان عليه بعشر مرات:

Trefil, Meditations at 10,000 Feet, p. 121.

ص 317 «صفة غرائبية جداً»: Gribbin, In the Beginning, p. 174.

ص 318 كالشركاء المتغيرين دوماً في رقصة الكدريل:

Kunzig, The Restless' Sea, p. 8.

ص 318 في أي لحظة معطاة فقط 15% منها مؤثرة بالفعل:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p.152.

ص 318 في غضون أيام تتلاشى الشفتان وكأنهما بُترتا، تسودّ اللثة، يذوي الأنف إلى نصف طوله»:

Economist, 13 May 2000, p. 4.

ص 319 إن لتراً عادياً من مياه البحر لا يحتوي إلا على 2.5 ملعقة صغيرة من الملح العادي: Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 248.

ص 320 هناك 1.3 بليون كيلومتر مكعب من الماء على الأرض، وهذا كل ما سنحصل عليه: Green,Water; Ice and Stone, p. 25

ص 320 منذ 3.8 بلايين عام حققت المحيطات تقريباً أحجامها الحالية:

Ward and Brownlee, Rare Earth, p. 360.

ص 320 يحتوي المحيط الهادئ على نصف مياه المحيطات:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 226.

ص 320 سيكون من الأفضل أن ندعو كوكبنا ماءً لا أرضاً: Ball, H2O, p. 21

ص 320 من 3% من المياه التي على الأرض التي هي عذبة:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 6; Scientific American, 'On Thin Ice', Dec. 2002, pp. 100-5.

ص 320 اذهب إلى القطب الجنوبي وستقف على سمك ميلين من الثلج، في القطب الشمالي السماكة 15 قدماً: Smith, The Weather, p. 62.

ص 320 ما يكفي لرفع المحيط إلى ارتفاع 200 قدم إذا ذاب كلّه:

Schultz, Ice Age Lost, p. 75.

ص 322 «ضلله الروتين المبلد للذهن الناجم عن سنوات من التنقيب:

Weinberg, A Fish Caught in Time, p.34.

ص 322 ولكنهم أبحروا سبعين ألف ميل بحري تقريباً:

Hamilton-Paterson, The Great Deep, p. 178.

ص 322 مساعدات إناث وصف علمهن «كمؤرخات وتقنيات» أو «مساعدات في مشكلات الأسماك»:

Norton, Stars beneath the Sea, p. 57.

ص 322 بعد ذلك بوقت قصير شكّل فريقاً مع بارتون، الذي جاء من أسرة أكثر ثراء:

Ballard, The Eternal Darkness, pp. 14-15.

ص 323 لم تكن الكرة تملك قدرة على المناورة... وفقط نظام التنفّس الأكثر بدائية:

Weinberg, A Fish Caught in Time, p. 158; Ballard, The Eternal Darkness, p.17.

ص 323 مهما كان، لم يُر مثله شيء منذ ذلك الوقت:

Weinberg, A Fish Caught in Time, p. 159.

ص 325 في عام 1958 تعاملا مع البحرية الأمريكية:

Broad, The Universe Below, p. 54.

ص 326 «لم نتعلم كثيراً منها سوى أننا نستطيع أن نفعلها»:

quoted in Underwater magazine, 'The Deepest Spot on Earth', Winter 1999.

ص 326 كانت هناك مشكلة واحدة فحسب: لم يجد المصممون أي شخص يرغب في بنائها:

Broad, The Universe Below, p.56.

ص 327 في عام 1994 جُرف 43,000 قفاز هوكي عن متن سفينة شحن كورية في أثناء عاصفة في المحيط الهادي:

National Geographic, 'New Eyes on the Oceans', Oct. 2000, p. 93.

ص 327 يمكن أن يكون البشـر قد فحصوا جزءاً من مليون أو بليون من ظلمة البحر:

Kunzig, The Restless Sea, p. 47.

ص 328 ديدان أنبوبية بطول 3 أمتار، بطلينوس بعرض 30 سنتمتراً، قريدس وبلح بحر كثير: Attenborough, The Living Planet, p. 30.

ص 328 اعتُقـد قبل هذا أنه لا يمكن أن تحيا متعضيـات حية في ماء أكثر سخونة من 54 درجة مئوية:

National Geographic, 'Deep Sea Vents', Oct. 2000, p. 123.

ص 328 ما يكفي لدفن كل قطعة من الأرض على الكوكب إلى عمق 150 متراً:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 248.

ص 329 يمكن أن يستغرق الأمر عشرة ملايين عام لتنظيف محيط:

Vogel, Naked Earth, p. 182.

ص 329 ربمـا لا شيء يتحـدث بوضوح أكبر عـن بعدنا السيكولوجـي عن أعماق المحيط:

Engel, The Sea, p.183.

ص 329 حين لم تغرق، الأمر الذي كان يحدث عـادة، كان رماة البحرية يثقبونها بالرصاص؛ كي يدخلوا المياه إليها:

Kunzig, The Restless Sea, pp. 294-305.

ص 330 تطلق الحيتان الزرق أغنية أحياناً، ثم تطلقها مرة ثانية في البقعة المحددة نفسها بعد ستة أشهر: Sagan, Cosmos, p. 271.

ص 330 فكّروا في الحبّار الخرافيّ العملاق:

Good Weekend, 'Anned and Dangerous', 15 July 2000, p. 35.

ص 331 يمكن أن يكون هناك 30 مليون نوع مـن الحيوانات التي تعيش في البحر، ومعظمها لم يُكتشف بعد:

Time, 'Call of the Sea', 5 Oct. 1998, p. 60.

ص 331 حتى على عمق 5 كيلومترات تقريباً عثروا على 3700 حيوان:

Kunzig, The Restless Sea, pp. 104-5.

ص 332 تقريباً أقل من عشر المحيط يُعدّ منتجاً على المستوى الطبيعي:

Economist survey, 'The Sea', 23 May 1998, p. 4.

ص 332 لا يجعلها حتى بين الخمسين التي في القمة بين دول صيد الأسماك:

Flannery, The Future Eaters,p. 104.

ص 333 ينتف كثير من الصيادين زعانف سمك القرش:

Audubon, May-June 1998, p. 54.

ص 333 ويرفعون خلفها شباكاً كبيرة بما يكفي للإمساك بعشرٍ من طائرات الجمبو:

Time, 'The Fish Crisis', 11 Aug. 1997, p.66.

ص 333 «لا نزال في العصور المظلمة. فقط نرمي شبكة إلى الأسفل، ونرى ما يخرج إلى الأعلى»:

Economist, 'Pollock Overboard', 6Jan. 1996, p. 22.

ص 333 ربما 22 مليون طن من ذلك السمك غير المرغوب يرمى ثانية في البحر ميتاً:

The Sea', 23 May 1998, p. 12.

ص 333 مناطق واسعة من قاع بحر الشمال تصطاد فيها الجاروفات الأسماك سبع مرات في العام: Outside, Dec. 1997, p. 62.

ص 334 كان الصيادون يجرفونها بالسلال:

National Geographic, Oct. 1993, p. 18.

ص 334 هبط هذا في عام 1990 إلى 22,000 طن:

Economist survey, 'The Sea', 23 May 1998, p. 8.

ص 334 «اصطادها كلها الصيادون»:

Kurlansky, Cod, p. 186.

ص 334 سلالات لم تعاود الظهور:

Nature, 'How Many More Fish in the Sea?', 17 Oct. 2002, p. 662.

ص 335 في هذه الأيام، كما قال بجفاف: إن الأسماك هي كل ما تبقى»:

Kurlansky, Cod, p. 138.

ص 335 «إن علماء الجيولوجيا يقدرون أن 90% من سرطانات البحر تصطاد في أثناء عام بعد أن تصل إلى الحد الأدنى من الحجم القانوني»:

New York Times magazine, 'A Tale of Two Fisheries', 27 Aug. 2000, p. 40.

ص 335 يمكن أن يعيش 15 مليون منها في ألواح الجليد في أناركتيكة: نص من برنامج

BBC Horizon transcript, 'Antarctica: The Ice Melts', p. 16.

الفصل التاسع عشر: عالم صغير

ص 337 صار لويس باستور، عالم الكيمياء والبكتيريا الفرنسي العظيم مشغولاً بهذا إلى درجة أنه كان ينظر بشكل نقدي إلى كل صحن يوضع أمامه بمنظار مكبر:

Biddle, A Pield Guide to the Invisible, p. 16.

ص 337 إذا كنت في صحة جيدة وجاد في موضوع الصحة فسيكون لديك حشد من ترليون بكتيريا ترعى في سهولك اللحمية:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 248; Sagan and Margulis, Garden of Microbial Delights, p. 4.

ص 337 إن نظام الهضم لديك وحده يستضيف أكثر من مئة مليون ترليون ميكروب، من 400 نمط على الأقل:

Biddle, A Pield Guide to the Invisible, p. 57.

ص 337 عدد مدهش ليس له وظيفة قابلة للرصد:

National Geographic, 'Bacteria', Aug. 1993, p.51.

ص 337 يتألف كل جسم بشري من نحو عشرة كدريليون خلية، ولكنه يستضيف مئة كدريليون من الخلايا البكتيرية:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 67.

ص 338 لا نستطيع أن نحيا يوماً واحداً دونها:

New York Times, 'From Birth, Our Body Houses a Microbe Zoo', 15 Oct. 1996, p. C-3.

ص 338 تعيش الأشنيات والمتعضيات الأخرى الصغيرة في البحر، وتنتج 150 بليون كيلوغرام من المادة كل عام:

Sagan and Margulis, Garden of Microbial Delights, p. 11.

ص 338 الجراثيم اللاهوائية العصوية الشكل Clostridium perfringens، المتعضي الصغير المكروه الذي يسبب الغرغرينا، ويمكن أن يتناسل في تسع دقائق:

Outside, July 1999, p. 88.

ص 339 بسرعة كهذه تستطيع بكتيريا واحدة أن تنتج نظرياً المزيد من السلالة في يومين أكثر مما يوجد بروتونات في الكون:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 75.

ص 339 «تستطيع خلية بكتيرية واحدة أن تولّد 280,000 بليون فرد في يوم واحد»:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p. 320.

ص 339 إن كل البكتيريا تسبح جوهرياً في مجموعة جينية واحدة:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 16.

ص 339 اكتشف العلماء في أستراليا ميكروبات تُعرف باسم thiobacillus cocretivorans:

Davies, The Fifth Miracle, p. 145.

ص 340 تحلّل بعض البكتيريا مواد كيميائية لا تستفيد منها مطلقاً:

National Geographic, ‘Bacteria’, August 1993, p. 39.

ص 340 «كأعضاء لمصاص دماء تنبعث من جديد في فيلم رعب»:

Economist, ‘Human Genome Survey’, 1 July 2000, p. 9.

ص 340 ربما كان البقاء الأكثر خرقاً للعادة الذي اكتُشف هو بكتيريا تدعى المكوّرة العقديّة التي أخرجت من العدسات المختومة لكاميرا بقيت على القمر سنتين:

Davies, The Fifth Miracle, p. 146.

ص 341 اقتُرح أن قضمها الذي لا يكلّ هو الذي أنشأ قشرة الأرض:

New York Times, ‘Bugs Shape Landscape, Make Gold’, 15 Oct. 1996, p. C-1.

ص 341 إذا أخرجت البكتيريا كلها من داخل الأرض وألقيتها على السطح فإنها ستغطي الكوكب إلى عمق 15 متراً:

Discover, 'To Hell and Back', July 1999, p. 82.

ص 341 الأكثر حيوية بينها يمكن أن تنقسم ليس أكثر من مرة في قرن:

Sdentifi'c American, 'Microbes Deep Inside the Earth', Oct. 1996, p. 71.

ص 341 «المفتاح إلى الحياة الطويلة، على ما يبدو، هو ألا تعمل كثيراً:

Economist, 'Earth's Hidden Life', 21 Dec. 1996, p.112.

ص 341 عادت بعض المتعضيات الصغيرة إلى الحياة بعد أن أخرجت من علبة لحم معلب عمرها 118 سنة ومن زجاجة بيرة عمرها 166 سنة:

Nature, 'A Case of Bacterial Immortality?', 19 Oct. 2000, p. 844.

ص 341 زعم أنه أحيا بكتيريا متجمدة في الجمد السرمدي السيبيري لثلاثة ملايين عام:

Economist, 'Earth's hidden life', 21 Dec. 1996, p. 111.

ص 341 هذا ما زعمه رسل فريلاند وزملاؤه في جامعة ويست تشيستر حيال الاستمرارية:

New Sdentist, 'Sleeping Beauty', 21 Oct. 2000, p. 12.

ص 342 اقترح أكثر العلماء تشكيكاً أن العيّنة يمكن أن تكون ملوّثة:

BBC News online,'Row over Ancient Bacteria', 7 June 2001.

ص 343 كانت البكتيريا تتجمع عادة في النباتات، أيضاً:

Sagan and Margulis, Garden of Microbial Delights, p. 22.

ص 344 في عام 1969 وفي محاولة لإدخال بعض التنظيم في أخطاء التصنيف:

Sagan and Margulis, Garden of Microbial Delights, p. 24.

ص 345 في ذلك الوقت، وبحسب ووز Woese فقط نحو 500 نوع من البكتيريا كان معروفاً:

New York Times, 'Microbial Life's Steadfast Champion', 15 Oct. 1996, p. C-3.

ص 345 فقط 1% سينمو في الثقافة:

Sdence, 'Microbiologists Explore Life's Rich, Hidden Kingdoms', 21 March 1997, p. 1740.

ص 346 «كالتعلم عن الحيوانات عبر زيارة إلى حديقة الحيوانات»:

New York Times, 'Microbial Life's Steadfast Champion', 15 Oct. 1996,p.C-7.

ص 347 ووز... «شعر بخيبة أمل مريرة»:

Ashcroft, Life at the Extremes, pp. 274-5.

ص 347 «انتقلت البيولوجيا، كالفيزياء قبلها إلى مستوى، حيث الموضوعات المهمة وتفاعلاتها غالباً لا يمكن أن تُدرك عبر الملاحظة المباشرة»:

Proceedings of the National Academy of Sdences, 'Default Taxonomy: Ernst Mayr's View of the Microbial World', 15 Sept. 1998.

ص 348 «لم يكن ووز مدرباً كعالم بيولوجيا ولم يكن يمتلك معرفة شاملة بمبادئ التصنيف:

Proceedings of the National Academy of Sdences, 'Two Empires or Three?', 18 Aug. 1998.

ص 348 من الأقسام الثلاثة والعشرين للحياة فقط ثلاثة... طويلة بما يكفي كي تراها العين البشرية:

Schopf, Cradle of Life, p. 106.

ص 349 إذا جمعت كل الكتلة البيولوجية للكوكب فستشكل الميكروبات تقريباً 80% منها:

New York Times, 'Microbial Life's Steadfast Champion', 15 Oct. 1996, p. C-7.

ص 349 المتعضي الأكثر نقلاً للعدوى على الكوكب، بكتيريا تدعى الولباتشيا:

Nature, 'Wolbachia: a tale of sex and survival', 11 May 2001, p. 109.

ص 349 فقط ميكروب من كل ألف ممرض للبشر:

National Geographic, 'Bacteria', Aug. 1993, p.39.

ص 349 لا تزال الميكروبات القاتلة رقم ثلاثة في العالم الغربي:

Outside, July 1999, p. 88.

ص 350 إن التاريخ ممتلىء بالأمراض التي «سببت مرة أوبئة مرعبة، ثم اختفت بشكل غامض، كما جاءت»:

Diamond, Guns, Genns and Steel, p.208.

ص 351 مرض يُدعى necrotizing fasciitis فيه تقوم البكتيريا بالتهام الضحية من الداخل إلى الخارج: Gawande, Complications, p. 234.

ص 352 «حان الوقت لإغلاق الكتاب الخاص بالأمراض المعدية»:

New Yorker, 'No Profit, No Cure', 5 Nov. 2001, p.46.

ص 352 حتى حين كان يتحدث كان 90% من تلك السلالات في عملية تطوير مناعة من البنسلين:

Economist, 'Disease Fights Back', 20 May 1995, p. 15.

ص 353 في عام 1997 أفاد مستشفى في طوكيو عن ظهور سلالة تستطيع مقاومة حتى هذا:

Boston Globe, 'Microbe Is Feared to Be Winning Battle Against Antibiotics', 30 May 1997, p. A-7.

ص 353 كما قال جيمس سوروويكي:

New Yorker, 'No Profit, No Cure', 5 Nov. 2001, p. 46.

ص 353 لم تعتنق المؤسسات الصحية القومية في أمريكة رسمياً الفكرة حتى 1994:

Economist, 'Bugged by Disease', 21 March 1998, p. 93.

ص 353 «مئات، بل مات آلاف من تقرحات كان يجب ألا يموتوا منها»:

Forbes, 'Do Germs Cause Cancer?', 15 Nov. 1999, p. 195.

ص 353 «منذ ذلك الوقت أظهر المزيد من البحث أن هناك مركّباً بكتيرياً في أنواع الاضطرابات الأخرى جميعها:

Science, 'Do Chronic Diseases Have an Infectious Root?', 14 Sept. 2001, pp. 197~.

ص 354 «قطعة من الحمض النووي محاطة بأخبار سيئة»:

quoted in Oldstone, Viruses, Plagues and History, p. 8.

ص 354 إن خمسة آلاف نمط من الفيروس تقريباً هي معروفة:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, pp. 153-4.

ص 354 قتل الجدري في القرن العشرين ما يقدر بثلاث مئة مليون شخص:

Oldstone, Viruses, Plagues and History, p. 1.

ص 355 في عشرة أعوام قتل المرض خمسة ملايين شخص، ثم اختفى بهدوء:

Kolata, Flu, p. 292.

ص 355 قتلت الحرب العالمية الأولى 21 مليون إنسان في أربع سنوات؛ فعلت أنفلونزا الخنزير الأمر نفسه في أشهرها الأربعة الأولى:

American Heritage, 'The Great Swine Flu Epidemic of 1918', June 1976, p.82.

ص 356 في محاولة لاختراع لقاح قامت السلطات الطبية بتجارب على متطوعين في سجن عسكري في جزيرة دير في بوسطن هاربر:

American Heritage, 'The Great Swine Flu Epidemic of 1918', June 1976, p. 82.

ص 357 اكتشف الباحثون في مشفى مانشستر الملكي أن بحاراً مات من علل غامضة لا تُعالج عام 1959 كان في الحقيقة مصاباً بالإيدز:

National Geographic, 'The Disease Detectives', Jan. 1991, p. 132.

ص 357 في عام 1969 كان هناك طبيب في مخبر جامعة ييل في نيوهيفن، كونيتيكت يدرس حمى لاسّا»:

Oldstone, Viruses, Plagues and History, p. 126.

ص 358 في 1990 أصيب نيجيري يعيش في شيكاغو بحمّى لاسّا حين زار بلاده:

Oldstone, Viruses, Plagues and History, p. 128.

• الفصل العشرون: الحياة تستمر

ص 359 مصير جميع المتعضيات الحية تقريباً:

Schopf, Cradle of Life, p. 72.

ص 359 إن نحو 15% فحسب من الصخور يمكن أن تحتفظ بالمستحاثات:

Lewis, The Dating Game, p. 24.

ص 360 أقل من نوع واحد من بين عشرة آلاف دخل إلى سجل الأحافير:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science, p. 280.

ص 360 مقولة: إنه كان هناك 250,000 نوع من الكائنات في سجل الأحافير:

Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p. 45.

ص 360 نحو 95% من المستحاثات جميعها التي نملكها هي لحيوانات عاشت مرة تحت الماء: Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p. 45.

ص 361 «يبدو عددها كبيراً، وافق:

interview with Richard Fortey, Natural History Museum, London, 19 Feb. 2001.

ص 361 عاش البشر حتى الآن نصف 1% من طول حياتهم:

Fortey, Trilobite!, p. 24.

ص 362 «Profallotaspis أو Elenellus كاملة كبيرة كسرطان»:

Fortey, Trilobite!, p. 121.

ص 362 وجمع مجموعة لها تميّز كافٍ، بحيث إنّ لويس أجاسيز اشتراها:

From Farmer- Laborer to Famous Leader: Charles D. Walcott (1850--1927)', GSA Today,Jan. 1996.

ص 363 استلم والكوت عام 1879 وظيفة باحث ميداني:

Gould, Wonderful Life, pp. 242-3.

ص 363 «تملأ كتبه رفاً في مكتبة»:

Fortey, Trilobite!, p.53.

ص 364 «فسحتنا الوحيدة عند استهلال الحياة الحديثة»:

Gould, Wonderful Life, p. 56.

ص 364 جولد، ميّال إلى التدقيق دوماً، اكتشف:

Gould, Wonderful Life, p. 71.

ص 365 140 نوعاً، في رواية واحدة:

Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p. 27.

ص 365 «مدى من التنوع لم يضاهَ ثانية أبداً»:

Gould, Wonderful Life, p. 208.

ص 365 «تحت تأويل كهذا»، جولد تنهّد: Gould, Eight Little Piggies, p. 225.

ص 365 ثم في عام 1973 طالب متخرج من كمبريدج:

National Geographic, 'Explosion of Life', Oct. 1993, p.126.

ص 366 كان هناك كثير من الجدة غير المعترف بها... بحيث في نقطة ما»:

Fortey, Trilobite!, p. 123.

ص 366 كلها تستخدم الهندسة التي أنشئت في البداية في الحفلة الكمبرية:

US News and World Report, 'How Do Genes Switch On?', 18-25 Aug. 1997, p. 74.

ص 366 على الأقل 15 وربما 20: Gould, Wonderful Life, p. 25.

ص 367 «أعد إلى الوراء شريط الحياة»: Gould, Wondeljill Life, p.14.

ص 367 في عام 1946 سبريج، معاون عالم جيولوجيا حكومي:

Corfleld, Architects oj Eternity, p. 287.

ص 368 ولكن لم يقبلها رئيس المؤسسة:

Corfleld, Architects of Eternity, p. 287.

ص 368 بعد تسع سنوات، في 1957: Fortey, Life, p. 85.

ص 369 «ليس هناك شيء اليوم حي بشكل مشابه»: Fortey, Life, p. 88.

ص 370 «إنها صعبة التأويل»: Fortey, Trilobite!, p 125.

ص 370 «لو استطاع ستيفن جولد أن يفكر بوضوح فقط كما يكتب!» دوكينز:

Dawkins, Sunday Telegraph, 25 Feb. 1990.

ص 370 واحد، كتب في النيويورك تايمز بوك ريفيو:

New York Times Book Review, 'Survival of the Luckiest', 22 Oct. 1989.

ص 371 باغت كثيرين في جماعة علم الإحاثة مهاجماً جولد في كتاب من تأليفه، بوتقة الخلق:

New York Times Book Review, 'Rock of Ages', 10 May 1998, p. 15.

ص 371 «لم أقابل أبداً حقداً كهذا في كتاب يؤلفه محترف»:

Fortey, Trilobite!, p. 138.

ص 371 يقدم فورتي مثالاً فكرة مقارنة بين الزّبابة والفيل:

Fortey, Trilobite!, p. 132.

ص 373 «لا شيء غريب كبرنقيل اليوم الحاضر»: Fortey, Life, p. 111.

ص 373 «ليس أقل أهمية، أو غرابة، فقط أكثر قابلية للشرح»:

Fortey, 'Shock Lobsters', London Review oj Books, 1 Oct. 1998.

ص 373 إنه لأمر واحد الحصول على كائن جيد الشكل كثلاثي الفصوص يندفع إلى العزلة: Fortey, Trilobite!, p.137.

• الفصل الواحد والعشرون: وداعاً لكل هذا

ص 375 في مناطق من آناركتيكا حيث في الواقع لا شيء آخر سينمو:

Attenborough, The Living Planet, p. 48.

ص 375 «يصبح الحجر اللاعضوي تلقائياً نبتة حية»:

Marshall, Mosses and Lichens, p. 22.

ص 375 يحتوي العالم على أكثر من عشرين ألف نوع من الأشنيات:

Attenborough, The Private Life of Plants, p. 214.

ص 376 تلك التي بحجم صحون العشاء... هي من ثمّ «من المحتمل أن تكون بعمر مئات إن لم يكن آلاف السنين»:

Attenborough, The Living Planet, p. 42.

ص 377 إذا تخيّلت الأربعة آلاف وخمس مئة مليون عام من تاريخ الأرض مضغوطة في يوم أرضي:

adapted from Schopf, Cradle of Life, p. 13.

ص 377 مد ذراعيك إلى النهاية وتخيل الاتساع على أنه التاريخ الكامل للأرض:

McPhee, Basin and Range, p. 126.

ص 379 «كانت مستويات الأوكسجين بارتفاع 35%:

Officer and Page, Tales of the Earth, p. 123.

ص 379 تتراكم النظائر بنسب سرعة مختلفة بحسب كمية الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون في الجو:

Officer and Page, Tales of the Earth, p. 118.

ص 380 «وضعتها القوات الجوية الأمريكية في أنفاق للريح؛ لتراقب كيف تفعل ذلك ويئست»: Conniff, Spineless Wonders, p. 84.

ص 380 «في الغابات المكوّنة للفحم تصبح اليعاسيب بحجم الغربان»:

Fortey, Life, p. 201.

ص 381 لحسن الحظ عثر الفريق على كائن كهذا فحسب:

BBC Horizon, 'The Missing Link', first broadcast 1 Feb. 2001.

ص 382 تشير الأسماء إلى عدد ومكان الثقوب التي عثر عليها إلى جانب جماجم مالكيها:

Tudge, The Variety of Life, p. 411.

ص 383 ولكن العدد رُفع إلى 4,000 بليون:

Tudge, The Variety of Life, p. 9.

ص 383 «في نتيجة صحيحة أولية... الأنواع جميعها انقرضت»:

quoted by Gould, Eight Little Piggies, p. 46.

ص 383 معدل مدة الحياة هو فقط نحو 4 ملايين عام:

Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p.38.

ص 383 «إن بديل الانقراض هو الركود»:

inter- view with Ian Tattersall, American Museum of Natural History, New York, 6 May 2002.

ص 384 تُربط الأزمات في تاريخ الأرض بشكل ثابت بقفزات درامية فيما بعد:

Stanley, Extinction, p. 95; Stevens, The Change in the Weather, p. 12.

ص 384 في العصر البرمي، على الأقل 95% من الحيوانات المعروفة من سجل الأحافير اختفت دون أن تعود أبداً:

Harper's, 'Planet of Weeds', Oct. 1998, p. 58.

ص 384 حتى نحو ثلث أنواع الحشرات تلاشى المناسبة الوحيدة التي فقدت فيها بالجملة: Stevens, The Change in the Weather, p. 12

ص 384 «كان في الحقيقة انقراضاً جماعياً»: Fortey, Life, p.235

ص 385 تتراوح التقديرات عن عدد أنواع الحيوانات الحية في نهاية العصر البرمي بين 45,000 و240,000:

Gould, Hen's Teeth and Horse's Toes, p.340.

ص 385 بالنسبة للأفراد يمكن أن تكون نسبة الوفيات أعلى بكثير في كثير من الحالات، وعملياً كلية:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, p.143.

ص 385 الحيوانات التي ترعى، وبينها الأحصنة، انقرضت تقريباً في الحدث Hemphilian:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 100.

ص 385 هناك اثنان وعشرون من المجرمين على الأقل اتُهموا كعلل أو مسهمين رئيسين:

Earth, 'The Mystery of Selective Extinctions', Oct. 1996, p. 12.

ص 386 «أطنان من التخمين والقليل جداً من البراهين»:

New Scientist, 'Meltdown', 7 Aug. 1999.

ص 386 إن انفجاراً كهذا ليس من السهل تصوّره:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, p. 19.

ص 387 كانت لنيزك كي تي ميزة إضافية ميزة لو كنت من الثدييات، أي:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 17.

ص 387 «لماذا ستخرج حيوانات حساسة كهذه دون أذى من كارثة كهذه لا مثيل لها؟»:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 43.

ص 387 كانت القصة نفسها في البحار:

Gould, Eight Little Piggies, p. 304.

ص 388 «لا يبدو مرضياً أن نسميها «محظوظة» ونتركها عند هذا»:

Fortey, Life, p.292.

ص 388 إن المدة التي تأتي حالاً بعد انقراض الديناصورات يمكن أن تسمى عصر السلاحف: Flannery, The Eternal Frontier, p. 39.

ص 389 «إن التطور يمكن أن يمقت الفراغ... ولكن غالباً ما يستغرق وقتاً طويلاً؛ كي يملأه»: Stanley, Extinction, p. 92.

ص 389 ربما بقيت الثدييات صغيرة بحذر لعشرة ملايين عام:

Novacek, Time Traveler, p.112.

ص 389 كان هناك لبعض الوقت خنزير كينية بحجم الكركدن وكركدن بحجم منزل من طابقين: Dawkins, The Blind Watchmaker, p. 102.

ص 390 لملايين الأعوام، طائر عملاق، لا يطير ولاحم دعي تايتانيس كان ربما المخلوق الأكثر شراسة في شمال أمريكة:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 138.

ص 390 بني في عام 1903 في بتسبرغ وقدمه إلى المتحف أندرو كانيجي:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 164.

ص 391 حتى وقت متأخر جداً جاء كل ما نعرفه عن الديناصورات في هذه المدة من ثلاث مئة عينة فقط:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, pp. 168-9.

ص 391 «ليس هناك سبب للاعتقاد بأن الديناصورات كانت تنفق تدريجياً»:

BBC Horizon, ‘Crater of Death’,- first broadcast 6 May 2001.

• الفصل الثاني والعشرون: غنى الوجود

ص 393 إن غرفة الكحول وحدها فيها 15 ميلاً من الرفوف:

Thackray and Press, The Natural History Museum, p. 90.

ص 394 44 سنة من انتهاء البعثة:

Thackray and Press, The Natural History Museum, p. 74.

ص 395 نشر في عام 1956 ولا يزال يمكن العثور عليه على رفوف بعض المكتبات ويعدّ المحاولة الأولى:

Conard, How to Know the Mosses and Livernlorts, p. 5.

ص 395 «إن المناطق الاستوائية هي المكان الذي تعثر فيه على التنوّع»:

inter- view with Len Ellis, Natural History Museum, London, 18 April 2002.

ص 398 نخل كمية من العلف مرسلة لحيوانات السفينة وقام باكتشافات جديدة:

Barber, The Heyday of Natural History: 1820-1870, p. 17.

ص 400 منح لأجزاء نوع واحد من البطلينوس الأسماء:

Gould, Leonardo's Mountain of Clams and the Diet of Worms, p. 79.

ص 400 «الحب يأتي حتى إلى النباتات. الذكور والإناث يتزاوجون»:

quoted by Gjertsen, The Classics of Sdence, p. 237, and at University of California/UCMP Berkeley website.

ص 401 أرجعها لينيوس إلى physalis angulata:

Kastner, A Spedes of Eternity, p. 31.

ص 401 الطبعة الأولى من كتابه نظام الطبيعة:

Gjertsen, The Classics ofSdence, p. 223.

ص 401 كتاب جون ريس المؤلف من ثلاثة أجزء بعنوان التاريخ العام للنباتات في إنكلترة: Durant, The Age of Louis XIV, p.519.

ص 402 تماماً في الوقت المناسب لجعل لينيوس نوعاً من الأب لعلماء الطبيعة البريطانيين: Thomas, Man and the Natural World, p. 65.

ص 402 قبل بسذاجة من البحارة ومسافرين ذوي خيال خصب:

Schwartz, Sudden Origins, p. 59.

ص 402 رأى أن الحيتان تنتمي مع الأبقار والفئران وحيوانات أرضية أخرى إلى فئة رباعيات الأقدام (تغيرت فيما بعد إلى الثدييات):

Schwartz, Sudden Origins, p. 59.

ص 403 تضمنت أسماء أخرى في الاستخدام اليومي ضراط الفرس، والسيدات العاريات، والخصيتان المرتعشتان، وبول الكلب، والاست المفتوح، ومنديل المؤخرة: Thomas, Man and the Natural World, pp. 82-5.

ص 404 بينما يضع إدوارد و. ولسون في تنوّع الحياة الرقم بشكل قوي على نحو مفاجئ 89:

Wilson, The Diversity oj Life, p. 157.

ص 405 نقل وسط الزئير إلى جنس الأعشاب الفرنوقيّة:

Elliott, The Potting-Shed Papers, p. 18.

ص 406 تتراوح التقديرات بين 3 ملايين إلى 200 مليون:

Audubon, 'Earth's Catalogue', Jan.-Feb. 2002; Wilson, The Diversity oj Life, p. 132.

ص 406 من المحتمل أن 97% من نباتات الأرض والأنواع الحيوانية لم تُكتشف بعد:

Economist, 'A Golden Age of Discovery', 23 Dec. 1996, p. 56.

ص 406 قدر عدد الأنواع المعروفة من الأنماط جميعها: الحيوانات والحشرات والجراثيم والأشنيات، وكل شيء بـ 1.4 مليون:

US News and World Report, 18 Aug. 1997, p. 78.

ص 407 استغرق الأمر مع جروفز أربعة عقود؛ كي يحل كل شيء:

New Sdentist, 'Monkey Puzzle', 6 Oct. 2001, p. 54.

ص 408 إن خمسة عشر ألف نوع من كل الأنواع يسجل كل عام فحسب:

Wall Street journal, 'Taxonomists Unite to Catalog Every Species, Big and Small', 22 Jan. 2001.

ص 408 «إنها ليست أزمة تنوع بيولوجي، بل أزمة علم تصنيف»:

interview with Koen Maes, National Museum, Nairobi, 2 Oct. 2002.

ص 408 «وصفت كثير من الأنواع بشكل سيئ في منشورات معزولة»:

Nature, 'Challenges for Taxonomy', 2 May 2002, p. 17.

ص 409 أطلق مشروعاً دعاه مؤسسة كل الأنواع:

The Times, 'The List of Life on Earth', 30.

ص 410 إن فرشتك منزلٌ ربما لمليوني جرثومة:

Bodanis, The Secret House, p. 16.

ص 410 إذا اقتبسنا الشخص الذي قام بالقياس، الدكتور جون موندر من مركز علم الحشرات الطبي البريطاني:

New Scientist, 'Bugs Bite Back', 17 Feb. 2001, p. 48.

ص 410 إن هذه الميكروبات كانت معنا منذ الزمن السحيق:

Bodanis, The Secret House, p. 15.

ص 410 ستحتوي عيّنتك أيضاً على مليون خميرة ريانة:

National Geographic, 'Bacteria', Aug. 1993, p.39.

ص 411 «إذا وجد أكثر من 9000 نمط ميكروبي في مقدارين ضئيلين من منخمرة من موضعين مختلفين في النروج»:

Wilson, The Diversity of Life, p. 144.

ص 411 بحسب تقدير واحد يمكن أن تكون 400 مليون:

Tudge, The Variety of Life, p. 8.

ص 411 واكتشف ألف نوع جديد من النبات المزهر:

Wilson, The Diversity of Life, p. 197.

ص 412 بالمجمل، إن الغابات المطرية الاستوائية تغطي نحو 6% فقط من سطح الأرض: ولسون، تنوع الحياة، ص 197.

ص 412 «أكثر من ثلاثة بلايين عام ونصف من التطور»:

Economist, 'Biotech's Secret Garden', 30 May 1998, p. 75.

ص 412 عثر على بكتيريا قديمة على حائط بار ريفي:

Fortey, Life, p. 75.

ص 413 نحو 500 نوع تم تحديده (بالرغم من أن مصادر أخرى تقول: 360):

Ridley, The Red Queen, p. 54.

ص 413 اجمع كل الفطريات التي يعثر عليها في هكتار معين من أراضي المروج:

Attenborough, The Private Life of Plants, p. 177.

ص 413 يُعتقد أن العدد الكلي يمكن أن يكون 1.8 مليون:

National Geographic, 'Fungi', Aug. 2000, p. 60; Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p. 117.

ص 414 الطائر النيوزلندي الضخم الذي لا يطير الذي يدعى تاكاهي:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. 2.

ص 414 عدّ الحصان حالة نادرة في العالم الأوسع:

New York Times, 'A Stone-Age Horse Still Roams a Tibetan Plateau', 12 Nov. 1995.

ص 414 «الحيوان العملاق»، نوع من الكسلان الأرضي العملاق يمكن أن يبلغ ارتفاعه ارتفاع الزرافة»:

Economist, 'A World to Explore', 23 Dec. 1995, p. 95.

ص 415 سطر واحد من نص في جدول كرامبتون:

Gould, Eight Little Piggies, pp. 32-4.

ص 415 تسلق 4000 متر؛ كي يجمع مجموعة من ثلاث مئة ألف دبور:

Gould, The Flamingo's Smile, pp. 159-60.

• الفصل الثالث والعشرون: الخلايا

417 عليك أن تصغّر العدد نفسه من المركّبات التي يعثر عليها في طائرة بوينغ 777:

New Scientist, 2 Dec. 2000, p. 37.

ص 418 لا نفهم إلا 2% منها:

Brown, The Energy of Life, p. 83.

ص 418 كان هدفه في البداية لغزاً، ولكن عندئذ بدأ العلماء يعثرون عليه في كل مكان:

Brown, The Energy of Life, p. 229.

ص 419 يتحول إلى حمض نتري في تيار الدم،يرخي بطانة الشرايين، سامحاً للدم أن يتدفق بحرية أكبر:

Alberts, et al., Essential Cell Biology, p.489.

ص 419 تملك «بضع مئات» من أنواع الخلايا:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 1, p.21.

ص 419 إذا كنت بالغاً متوسط الحجم فلا بد أن لديك 2 كيلوغرام من الجلد الميت:

Bodanis, The Secret Family, p. 106.

ص 419 يمكن أن تعيش خلايا الكبد سنوات:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 1, p. 68.

ص 420 ليس كثيراً كجزيء ضال:

Bodanis, The Secret Family, p. 81.

ص 420 حسب هوك أن مربع بحجم إنش من السدادة سيحتوي على 1,259,712,000 من هذه الغرف الصغيرة: Nuland, How We Live, p. 100.

ص 421 بعد أن أفاد أنه اكتشف «أدلة حيوانية» في عينة من ماء الفلفل pepper- water في 1676:

Jardine, Ingenious Pursuits, p. 93.

ص 421 حسب أن هناك 8,280,000 من هذه الكائنات الصغيرة في قطرة ماء واحدة:

Thomas, Man and the Natural World, p. 167.

ص 422 دعا الكائنات الصغيرة «الأقزام»:

Schwartz, Sudden Origins, p. 167.

ص 422 في واحدة من أقل تجاربه:

Carey (ed.), The Faber Book of Science, p. 28.

ص 422 فقط في عام 1839 أدرك الجميع أن كل المادة الحية خلوية:

Nuland, How We Live, p. 101.

ص 422 قورنت الخلية مع أمور كثيرة:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p. 33; Brown, The Energy of Life, p. 78.

ص 423 على أي حال، ارفع هذا، وسيصبح صدمة من 20 مليون فلوت في كل متر:

Brown, The Energy of Life, p. 87.

ص 423 له الاستمرارية التقريبية لـ «درجة خفيفة من زيت الآلة»:

Nuland, How We Live, p. 103.

ص 424 وتطير في بعضها بعضاً بليون مرة في الثانية:

Brown, The Energy of Life, p. 80.

ص 424 «يجب أن يبقى عالم الجزيئات بالضرورة بشكل كامل خارج قدرة خيالنا»:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p. 293.

ص 425 «الحاصل هو حد أدنى من 100 مليون جزيء من البروتين في كل خلية»:

Nuland, How We Live, p.157.

ص 425 في أي لحظة معطاة، إن الخلية العادية في جسمك ستحتوي على نحو بليون جزيء إي تي بي فيها: Alberts et al., Essential Cell Biology, p. 110.

ص 425 في كل يوم تنتج وتستهلك كمية من إي تي بي معادلة لنصف وزن جسمك:

Nature, 'Darwin's Motors', 2 May 2002, p. 25.

ص 426 يعاني الناس من مرض واحد مهلك في كل مئة مليون بليون انقسام للخلية:

Ridley, Genome, p.237.

ص 427 ما دُعي «الفكرة المفردة الأفضل التي سبق أن خطرت لإنسان»:

Dennett, Dan4lin's Dangerous Idea,p.21.

• الفصل الرابع والعشرون: فكرة داروِن الفذة

ص 429 «الجميع مهتمون بالحمام»:

quoted in Boorstin, Cleopatra's Nose, p. 176.

ص 429 «لا تأبه بأي شيء سوى إطلاق النار والكلاب واصطياد الجرذان»:

quoted in Boorstin, The Discoverers, p. 467.

ص 430 إن تجربة مشاهدة عملية على طفل متألم:

Desmond and Moore, Damlin, p. 27.

ص 431 بعضهم «يتاخم الجنون»:

Hamblyn, The Invention of Clouds, p. 199.

ص 431 في خمس سنوات... لم يلمّح مرة واحدة إلى ارتباط:

Desmond and Moore, Danvin, p. 197.

ص 432 مما أوحى، ليس بالمصادفة، أن attols لا يمكن أن تتشكل في أقل من مليون عام: Moorehead, Danvin and the Beagle, p. 191.

ص 432 لم يحدث إلى أن عاد دارون إلى إنكلترة وقرأ مقالة توماس مالتوي مقالة في مبدأ السكان: Gould, Ever since Danvin, p. 21.

ص 432 «كم كنت غبياً؛ لأنني لم أفكر في الأمر»:

quoted in Sunday Telegraph, 'The Origin of Darwin's Genius', 8 Dec. 2002.

ص 432 كان صديقه عالم الطيور جون جولد:

Desmond and Moore, Danvin, p. 209.

ص 433 وسع هذه إلى وصف من 230 صفحة:

Dictionary of National Biography, vol. 5, p. 526.

ص 434 «أكره البرنقيل، كما لم يعرف أي إنسان من قبل»:

quoted in Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p. 239.

ص 434 تساءل بعضهم إن كان دارون نفسه يمكن أن يكون المؤلف:

Barber, The Heyday of Natural History, p. 214.

ص 434 «لم يكن قادراً على أن يقوم بتجريد مختصر أفضل:

Dictionary of National Biography, vol. 5, p. 528.

ص 435 «هذا الصيف سيصنع القرن العشرين (١) منذ أن فتحت دفتر ملاحظاتي الأول»: Desmond and Moore, Darnlin, pp. 454-5.

ص 436 «مهما كبرت ستتحطم»: Desmond and Moore, Darnlin, p. 469.

ص 436 «كل ما كان جديداً فيها كان مزيّفاً، وما كان صحيحاً كان قديماً»:

quoted by Gribbin and Cherfas, The First Chimpanzee, p. 150.

ص 436 كان الحدائقي الأسكتلندي باتريك ماثيو أقل إذعاناً لزعم دارون عن الأسبقية:

Gould, The Flamingo's Smile, p. 336.

ص 437 شعر «كأنه يعترف بجريمة»:

quoted in Desmond and Moore, Darnlin, p. xvi.

ص 438 «يجب أن تبقى المسألة حالياً دون شرح»:

quoted by Gould, Wonderful Life, p. 57.

ص 438 تأمل عن طريق الشرح:

Gould, Ever Since Darnlin, p. 126.

ص 438 «دارون يشطح بعيداً»:

quoted by McPhee, In Suspect Teffain, p. 190.

ص 438 كان هكسلي عالم أملاح:

Schwartz, Sudden Origins, pp.81-2.

ص 439 «تمنحني العين، حتى هذا اليوم رعشة برودة»:

quoted in Keller, The Century of the Gene, p. 97.

ص 439 «أعترف بحرية أنه يبدو في غاية السخف» أن الانتخاب الطبيعي يمكن أن ينتج شيئاً كهذه الأدوات في خطوات متدرجة:

Darwin, On the Origin oj Spedes (facsimile ed.), p. 217.

ص 439 «في النهاية... فقد دارون في الواقع كل الدعم الذي تبقى»:

Schwartz, Sudden Origins, p. 89.

ص 440 كان فيه مكتبة من عشرين ألف كتاب:

Lewontin, It Ain't Necessarily So, p. 91.

ص 442 ودارون، بدوره، درس بحث فوك المؤثر كما هو معروف:

Ridley, Genome, p. 44.

ص 442 تم حث هكسلي؛ كي يحضر من قبل روبرت تشامبرز:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 79.

ص 442 شق طريقه بجرأة عبر ساعتين من الملاحظات التمهيدية:

Clark, The Sun/ivai of Charles Danvin, p. 142.

ص 443 كان في إحدى تجاربه يعزف لها على البيانو:

Conniff, Spineless Wonders, p. 147.

ص 444 بعد أن تزوج ابنة عمه:

Desmond and Moore, Danvin, p. 575.

ص 444 كُرّم دارون دوماً في مدة حياته، ولكن لم يكرّم أبداً من أجل كتابه في أصل الأنواع: Clark, The Sun/ivai of Charles Danvin, p. 148.

ص 444 لم تحظ نظرية دارون في الواقع بقبول واسع الانتشار، حتى الثلاثينيات والأربعينيات:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 45.

ص 444 بدا كأنه يزعم أن اكتشفات ميندل له:

Schwartz, Sudden Origins, p. 187.

• الفصل الخامس والعشرون: مادة الحياة

ص 447 «تقريباً قاعدة نووية واحدة في كل ألف»:

Sulston and Ferry, The Common Thread, p. 198.

ص 447 إن الاستثناءات هي كريات الدم الحمراء، بعض خلايا الجهاز المناعي، وخلايا البويضة والسائل المنوي:

Woolfson, Life with- out Genes, p. 12.

ص 449 «ضُمن أن يكون فذاً في وجه أي تناقض»:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p.314.

ص 449 سيكون هناك ما يكفي منه؛ كي يمتد من الأرض إلى القمر ذهاباً وإياباً، ليس مرة واحدة أو مرتين، وإنما مرة بعد أخرى:

Dennett, Darwin's Dangerous Idea, p. 151.

ص 449 يمكن أن يكون لديك 20 مليون كيلومتر من الـ (DNA) متجمعة داخلك:

Gribbin and Gribbin, Being Human, p. 8.

ص 449 «بين أكثر الجزيئات عدم تفاعل وبلادة كيماوية»:

Lewontin, It Ain't Necessarily So, p. 142.

ص 450 اكتُشفت في عام 1869: Ridley, Genome, p. 48.

ص 450 لم يفعل الـ (DNA) أي شيء مطلقاً، بقدر ما يستطيع أن يقول أي شخص:

Wallace et al., Biology, p. 211.

ص 450 اعتُقد أن التعقيد الضروري يجب أن يوجد في البروتينات في النواة:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p. 295.

ص 452 بدأ العمل من مختبر صغير صار يدعى غرفة الذبابة:

Clark, The Suwival of Charles Darnlin, p. 259.

ص 453 لا يوجد إجماع حول ماهية الجينات: سواء كانت حقيقية أم خيالية»:

Keller, The Century of the Gene, p. 2.

ص 453 نحن في الموقف نفسه اليوم بخصوص العمليات الذهنية كالفكر والذاكرة:

Wallace et al., Biology, p. 211.

ص 454 اقترح تشارجاف أن اكتشاف آفيري يستحق جائزتي نوبل:

Maddox, Rosalind Franklin, p.327.

ص 454 بما فيه تعبئة السلطات كما قيل... من أجل عدم منح آفيري جائزة نوبل:

White, Rivals, p.251.

ص 455 عضو برنامج إذاعي مشهور جداً يدعى أطفال السؤال والإجابة:

Judson, The Eighth Day of Creation, p.46.

ص 455 «كان أملي أنه يمكن أن يُحل الجين دون تعلّمي أي كيمياء»:

Watson, The Double Helix, p. 21.

ص 455 تم الحصول على نتائجها «بالمصادفة»:

Jardine, Ingenious Pursuits, p. 356.

ص 456 في صورة حادة دون إطراء:

Watson, The Double Helix, p. 17.

ص 456 «مؤلم بلا مسوّغ»: Jardine, Ingenious Pursuits, p.354.

ص 457 مما سبب مقت ولكينز وارتباكه المفترض في صيف 1952 أرسلت ملاحظة ساخرة:

White, Rivals, p. 257; Maddox, Rosalind Franklin, p. 185.

ص 457 «على ما يبدو دون علمها أو موافقتها»:

PBS website, ‘A Science Odyssey’, n.d.

ص 457 بعد سنوات، أقر واتسون أنه «كان الحدث الأساسي... لقد عبأنا»:

quoted in Maddox, Rosalind Franklin, p. 317.

ص 458 مقالة من 900 كلمة كتبها واتسون وكريك بعنوتن «بنية الـ (DNA) »:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p. 290.

ص 458 ذكرت بشكل عابر في نيوز كرونيكل وتم تجاهلها في أمكنة أخرى:

Ridley, Genome, p. 50.

ص 458 نادراً ما ارتدت فرانكلين رداء مضاداً للرصاص، وكانت تقف دون انتباه أمام الشعاع: Maddox, Rosalind Franklin, p.144.

ص 459 «استغرق الأمر 25 سنة لنموذجنا من الـ (DNA) كي ينتقل من كونه قابلاً للتصديق إلى كونه صادقاً جداً»:

Crick, What Mad Pursuit, p. 73-4.

ص 459 في عام 1968 استطاعت مجلة ساينس أن تنشر مقالاً بعنوان «هذا ما كانته البيولوجيا الجزيئية التي كانت»:

Keller, The Century of the Gene, p. 25.

ص 459 بهذا المعنى إنها مثل مفاتيح البيانو، وكل منها يعزف لحناً مفرداً ولا شيء آخر:

National Geographic, ‘Secrets of the Gene’, Oct. 1995, p. 55.

ص 460 إن الغوانين، مثلاً، هو المادة نفسها التي تتكاثر، وتمنح اسمها للغوانو:

Pollack, Signs of Life, p. 22-3.

ص 462 «بوسعك القول: إن كل البشر لا يشتركون في أي شيء، وسيكون هذا صحيحاً أيضاً»: Discover, 'Bad Genes, Good Drugs', April 2002, p. 54.

ص 462 «توجد من أجل السبب النقي والبسيط بأنها جيدة في نسخ نفسها»:

Ridley, Genome, p.127.

ص 463 سوية، تقريباً نصف الجينات البشرية... لا تفعل أي شيء على الإطلاق، بقدر ما نستطيع القول:

Woolfson, Life without Genes, p. 18.

ص 463 إن الـ (DNA) الرديء له استخدام:

National Geographic, 'The New Science of Identity', May 1992, p. 118.

ص 463 «الأمبراطوريات تسقط، الهوات تنفجر، سمفونيات عظيمة تؤلف، ووراء هذا كله غريزة واحدة تتطلب الإشباع»:

Nuland, How We Live, p. 158.

ص 463 كان هناك كائنان لم يشتركا في سلف واحد لخمس مئة مليون سنة:

BBC Horizon, 'Hopeful Monsters', first transmitted 1998.

ص 463 على الأقل 90% يتواشج على مستوى ما مع تلك التي اكتشفت في الفئران:

Nature, 'Sorry, dogs -man's got a new best friend', 19-26 Dec. 2002, p. 734.

ص 464 لدينا حتى الجينات نفسها لصناعة ذيل، لو أنها تعمل فقط:

Los Angeles Times (reprinted in Valley News), 9 Dec. 2002.

ص 498dubbed homeotic (من كلمة يونانية تعني «مشابه») أو جينات hox:

BBC Horizon, 'Hopeful Monsters', first transmitted 1998.

ص 464 إن السمك الرئوي، الأقل تطوراً من الحيوانات المعقدة جميعها، يمتلك من الـ (DNA) أكثر بأربعين مرة منا: Schopf, Cradle oj Life, p. 240.

ص 465 ربما أوج أو (الدرك الأسفل) هذا الإيمان بالحتمية البيولوجية كان دراسة نشرت في مجلة ساينس في عام 1980:

Lewontin, It Ain't Necessarily So, p. 215.

ص 465 إن سرعة نمو لحية الرجل ربما لها علاقة بكم يفكر في الجنس:

Wall Street journal, 'What Distinguishes Us from the Chimps? Actually, Not Much', 12 April 2002, p. 1.

ص 466 «إن البروتيوم أكثر تعقيداً من الجينوم»:

Scientific American, 'Move Over, Human Genome', April 2002, pp. 44-5.

• الفصل السادس والعشرون: الزمن الجليدي

ص 469 نشرت التايمز في لندن قصة قصيرة:

Williams, Suwiving Galeras, p. 198.

ص 469 لم يأتِ الربيع ولم يأتِ الصيف بالدفء أبداً:

Officer and Page, Tales of the Earth, pp. 3-6.

ص 470 عالم طبيعة فرنسي يدعى دي لوك:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 90.

ص 471 عالم الطبيعة جان دي شاربنتييه روى القصة:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 90.

ص 472 أعار أجاسبيز ملاحظاته:

Hallam, Great Geological Controversies, pp. 92-3.

ص 472 لاحظ همبولت أن هناك ثلاث مراحل في الاكتشاف العلمي:

Ferris, The Whole Shebang, p.173.

ص 472 في بحثه لفهم دينامية التجلد ذهب إلى الأمكنة كلها:

McPhee, In Suspect Terrain, p.182.

ص 473 وليم هوبكنز، بروفسور في كمبريدج و قائد بارز للجمعية الجيولوجية:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 98.

ص 475 بدأ العثور على دليل عن المجلدات عملياً في الأمكنة كلها:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 99.

ص 475 صار مقتنعاً في النهاية أن الجليد غطى الأرض كلها مرة:

Gould, Time's A''ow, p. 115.

صـ 475 حين وافته المنية في عام 1873 شعرت هارفارد أنه من الضروري تعيين ثلاثة أساتذة؛ كي يحلوا مكانه: McPhee, In Suspect Terrain, p. 197.

ص 475 أقل من عقد بعد وفاته: McPhee, In Suspect Te"ain, p. 197.

ص 476 في الأعوام العشرين اللاحقة، حتى حين يكون في عطلة:

Gribbin and Gribbin, Ice Age, p. 51.

صـ 477 قرر كوبن أن سبب العصور الجليدية يعثر عليه في الأصياف الباردة، وليس في الشتاءات العنيفة: Chorlton, Ice Ages, p. 101.

ص 477 «ليست بالضرورة كمية الثلج هي التي تسبب أكسية الجليد، وإنما حقيقة أن الثلج، مهما كان قليلاً، يستمر»: Schultz, Ice Age Lost, p. 72.

ص 477 «العملية مضخمة للذات»:

McPhee, In Suspect Te"ain, p. 205.

ص 477 «ستعاني صعوبة كبيرة في العثور على عالم جيولوجيا أو عالم أرصاد جوية اعتبر النموذج أي شيء سوى فضول تاريخي»:

Gribbin and Gribbin, Ice Age, p. 60.

ص 478 الحقيقة هي أننا لا نزال في عصر جليدي:

Schultz, Ice Age Lost, p. 5.

ص 478 موقف يمكن أن يكون فريداً في تاريخ الأرض:

Gribbin and Gribbin, Fire on Earth, p. 147.

صـ 479 يبدو أن لدينا على الأقل 17 حادثة جليدية حادة في الأعوام 2.5 مليون الأخيرة: Flannery, The Eternal Frontier,p. 148.

ص 479 يمكن توقع نحو خمسين حادثة جليدية أخرى:

Stevens, The Change in the Weather, p. 10.

ص 480 العصر الجليدي الضخم:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 69.

ص 480 يمكن أن يتجمد وجه الأرض كله:

Valley News (from Washington Post), 'The Snowball Theory', 19 June 2000, p. C1.

ص 481 الطقس الأكثر وحشية الذي سبق ومرت فيه:

BBC Horizon transcript, 'Snowball Earth', broadcast 22 Feb. 2001, p. 7.

ص 482 في حدث يعرفه العلم باسم يونجر دراياس:

Stevens, The Change in the Weather, p. 34.

ص 483 «الشيء الأخير الذي سترغب في فعله هو القيام بتجربة كبيرة غير مشرف عليها»: New Yorker, 'Ice Memory', 7 Jan. 2002, p. 36.

ص 483 إن فكرة أن تدفئة قليلة ستعزز نسب التبخر:

Schultz, Ice Age Lost, p. 72.

ص 484 وليس أقل خداعاً السلاسل المعروفة لبعض الديناصورات المتأخرة:

Drury, Stepping Stones, p. 268.

ص 484 في أستراليا التي كانت في ذلك الوقت أكثر قطبية في توجّهها لم يكن الانسحاب إلى مناخات أكثر دفئاً ممكناً:

Thomas H. Rich, Patricia Vickers-Rich and Roland Gangloff, 'Polar Dinosaurs', manuscript, n.d.

ص 484 هناك كثير من الماء بالنسبة لهم؛ كي يعتمدوا عليه في هذا الوقت:

Schultz, Ice Age Lost, p. 159.

ص 485 إذا كان الأمر كذلك، فإن مستويات البحر سترتفع في العالم وبسرعة كبيرة ما بين 4.5 أمتار إلى 5 أمتار: Ball, H2O, p. 75

ص 485 «هل كان لديكم عصر جليدي جيد؟»:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 267.

• الفصل السابع والعشرون: القرد الذي لا يهدأ

ص 487 «جعلوها في الآلاف»:

interview with Ian Tattersall, American Museum of Natural History, New York, 6 May 2002.

ص 489 «يمكن أن يكون البشر قد وصلوا بنحو جوهري أول مرة قبل 60,000 سنة»:

Proceedings of the National Academy of Sdences, 16 Jan. 2001.

ص 490 «هناك كثير الذي لا نعرفه عن تحركات البشر قبل التاريخ المدوّن»:

interview with Alan Thome, Canberra, 20 Aug. 2001.

ص 491 «إن الحدث الرئيس الأخير في التطور الإنساني ظهور نوعنا، وربما هو الأكثر غموضاً من كل شيء»:

Tattersall, The Human Odyssey, p. 150.

ص 491 «سواء كلها أم أي منها مثل بالفعل نوعنا لا يزال ينتظر التوضيح المحدد»:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 226.

ص 491 «غريب، وصعب التصنيف، وغير معروف جيداً»:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 412.

ص 492 لم يُعثر على أي بقايا نيادرتالية في شمال إفريقية بالرغم من أن أطقم أدواتهم كانت في أنحاء المكان جميعها:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 209.

ص 492 معروف لعلم المناخ القديم باسم فاصل بوتييه Boutellier:

Fagan, The Great journey, p. 105.

ص 493 لقد عاشوا على الأقل مئة ألف عام، وربما أكثر من هذا بمرتين:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 204.

ص 493 بينما كانوا يقومون بعمل ميداني في الصحراء:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 300.

ص 493 لا يزال يعتقد بنحو مشترك أن النياندرتاليين كانوا يفتقرون إلى الذكاء أو النسيج؛ كي يضاهوا الوافدين القاريين الجدد الرشيقين والأذكياء، الإنسان العاقل:

Nature, 'Those Elusive Neanderthals', 25 Oct. 2001, p. 791.

ص 493 «تغلب البشر الحديثون على هذه الميزة... بلباس أفضل، ونيران أفضل ومأوى أفضل»: Stevens, The Change in the Weather, p. 30.

ص 494 1.8 لتر للنيادرتاليين إزاء 1.4 لتر للبشر الحديثين:

Flannery, The Future Eaters, p. 301.

ص 495 «عاش الإنسان الروديسي إلى ما قبل 25,000 سنة ويمكن أن يكون سلف الزنوج الأفارقة»: Canby, The Epic of Man, page unnoted.

ص 496 «ليس لك الطرف الأمامي الذي يبدو كالحمار والطرف الخلفي الذي يبدو كالحصان»:

Sdence, 'What -or Who -Did In the Neandertals?', 14 Sept. 2001, p. 1981.

ص 496 «إن البشر الحاليين جميعاً انحدروا من أولئك السكان»:

Swisher et al.,Java Man, p. 189.

ص 497 ولكن عندئذ بدأ الناس بتفحّص المعطيات بدقة أكبر:

Sdentifi'c American, 'Is Out of Africa Going Out the Door?', August 1999.

ص 497 في عام 1997 نجح علماء من جامعة ميونخ في استخراج وتحليل بعض الـ (DNA) من عظم ذراع إنسان نياندرتالي أصلي:

Proceedings oj the National Academy oj Sdences, 'Ancient DNA and the Origin of Modem Humans', 16 Jan. 2001.

ص 498 اقترح أن البشر الحديثين جميعاً بزغوا من إفريقية في الأعوام المئة ألف السابقة، وجاؤوا من سلالة لا تزيد عن عشرة آلاف شخص:

Nature, 'A Start for Population Genomics', 7 Dec. 2000, p. 65; Natural History, 'What's New in Prehistory', May 2000, pp. 90-1.

ص 498 «هناك المزيد من التنوع في مجموعة اجتماعية من 55 شمبانزيّاً أكثر مما يوجد في السكان البشريين برمتهم»:

Science, 'A Glimpse of Humans' First Journey out of Africa', 12 May 2000, p. 950.

ص 498 في أوائل 2001، أفاد ثورن وزملاؤه في الجامعة الأسترالية القومية أنهم استخرجوا الـ(DNA) من أقدم عيّنات المونغو:

Proceedings of the National Academy of Sciences, 'Mitochondrial DNA sequences in Ancient Australians: Implications for Modern Human Origins', 16Jan. 2001.

ص 499 «بالمجمل... إن السجل الوراثي يدعم فرضية الخروج من إفريقية»:

interview with Rosalind Harding, Institute of Biological Anthropology, Oxford, 28 Feb. 2002.

ص 501 نبه كيف أن عالم إحاثة سأله زميل إن كان يعتقد أن الجمجمة القديمة مطلية أم لا، لعقها وأعلن أنها كذلك: Nature, 27 Sept. 2001, p. 359.

ص 502 حين عرف اهتمامي بالأصول البشرية من أجل هذا الكتاب، أدخل في البرنامج زيارة إلى أولورجيسيلي:

Just for the record, the name is also commonly spelled Olorgasailie, including in some official Kenyan materials. It was this spelling that I used in a small book I wrote for CARE concerning the visit. I am now informed by Ian Tattersall that the correct spelling is with a median 'e'.

• الفصل الثامن والعشرون: وداعاً

ص 506 «رحالة غير علميين، ثلاث أو أربع لوحات زيتية وبعض قطع العظام المبعثرة»:

quoted in Gould, Leonardo's Mountain of Clams and the Diet of Worms, p. 237.

ص 507 فقدت أسترالية ما لا يقل عن 95%:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. xv.

ص 507 «لا يوجد فائدة مادية في صيد الحيوانات الخطرة لا يوجد إلا بعض قطع الماموث التي تستطيع أكلها»: نيو ساينتيست:

New Scientist, 'Mammoth Mystery', 5 May 2001, p. 34.

ص 508 فقط أربعة أنماط من الحيوانات البرية الضخمة جداً:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 195.

ص 508 إن الانقراض الذي يسببه البشر يتسارع على مستوى أعلى من 120,000 مرة: Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p.241.

ص 510 انطلق على الفور إلى الجزيرة، ولكن في الوقت الذي وصل فيه إلى هناك كانت القطة قد قتلت الطيور كلها:

Flannery, The Future Eaters, pp. 62-3.

ص 510 «لدى كل طلقة متعاقبة»:

quoted in Matthiessen, Wildlife in America, pp. 114-15.

ص 510 فقدته حديقة الحيوانات:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. 125.

ص 511 هيو كمنغ، الذي صار منشغلاً بجمع الأشيـاء، بحيث بنى سفينة ضخمة لارتيـاد المحيـط، ووظـف طاقمـاً للإبحـار حـول العـالم لإحضـار كل ما يصادفونه:

Desmond and Moore, Darnlin, p. 342.

ص 512 ملايين الأعوام من العزلة سمحت لهاواي:

Hawaii's Vanishing Species', Sept. 1995, pp. 2-37.

ص 512 طائر البرقش الأكبر، وهو عضو حميد من عائلة الهونكريبر:

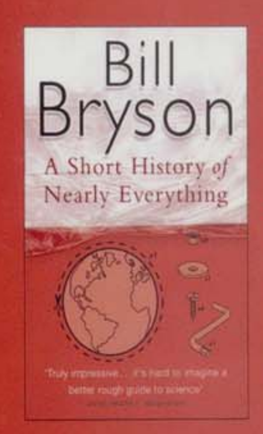
Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. 84.

ص 512 طائر نادر جداً لم يُرَ إلا واحد منه:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. 76.



حائز على جائزة أفينتس Avents للكتب العلمية لعام ٢٠٠٤



يصف المؤلف بيل برايسون نفسه بأنه الرحّالة المتردد، ولكن حتى حين يبقى آمناً في المنزل فإنه لا يستطيع أن يوقف فضوله حيال العالم الذي حوله. إن كتاب موجز تاريخ كل شيء تقريباً هو بحث هدفه فهم كل شيء سبق أن حدث منذ الانفجار الكبير حتى نشوء الحضارة؛ كيف أتينا من العدم، إلى هنا، حيث صرنا ما نحن عليه؛ إنه رحلة تنويرية لاكتشاف العالم، إنه يتعدى حدود الزمان والمكان، بحيث تكون الصورة متكاملة أكثر من ذي قبل.

« هذا هو الكتاب الذي كنت أبحث عنه طوال حياتي ... صناديق طافحةٌ بالمعلومات، قصصٌ مذهلةٌ وشخصيات خارقة».

كريستوفر ماثيو، صحيفة ديلي ميل

«يقدّم الكتاب زاداً تربوياً رائعاً، وستكون جميع المدارس أمكنة أفضل لو كان هذا الكتاب المقرّر العلمي الرئيس في المنهاج».

تيم فلانيري، الملحق الأدبي لجريدة التايمز

«إن هذا الكتاب يشكل إنجازاً لافتاً.. إنه أداء رائع يمنح الكثير من المتعة».

والتر غريتزر، مجلة نيتشر

«رحلة في عالم العلم يقوم بها دليل منخرطٌ، حكيم، وذكيٌّ وواسع الاطلاع، يحبُّ عمله ومتلهف كي يشاطرنا إيّاه».

بيتر أتكينز، جريدة التايمز

يمتلك برايسون موهبة طبيعية في الشرح الواضح والممتع، أشك إن كان قد كُتب كتاب آخر حول العلم للإنسان العادي أفضل من هذا».

صحيفة صندي تلغراف

لا بد أن يستمتع القراء الذين سيغوصون في أعماق هذا الكتاب وهم يطّلعون على الكثير من العلم الجيّد، إذ إن برايسون يشحن دوماً سرده بكثير من الاهتمام الإنساني. آمل ألا يكون هذا آخر كتاب علمي».

ملحق صحيفة التايمز الخاص بالتعليم العالي


ISBN:978-603-503-305-3



موضوع الكتاب: الكون

الكمية المطبوعة من هذه الطبعة ٣٠٠٠ نسخة